



DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

IMPORTANCIA BIOCLIMÁTICA DE LA VEGETACIÓN
EN ESPACIOS EXTERIORES EN LA CIUDAD DE PANAMÁ

Arq. Patricia C. Cuevas Heredia

Tesis para optar por el grado de Maestro en diseño
Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática

Miembros del Jurado:

Dr. Arq. Víctor Armando Fuentes Freixanet
Director de Tesis

Dr. José Manuel Ochoa de la Torre
Co-Director de Tesis

Dra. Irene Marincic Lovriha

Dra. Esperanza García López

Mtra. Alma Ortega Mendoza

México, D. F., junio de 2011

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

Mi madre, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, pero sobre todo por creer en mí.

Mi tío Loy y mi abuela Itzel, por estar siempre ahí, dándome ánimos y brindándome su apoyo incondicional siempre que lo he necesitado.

Mi abuela Carmen y a mi tía Idis, por estar pendientes de mí en todo momento y por alentarme a seguir adelante durante la especialización.

Mi abuelo Gilberto (q.e.p.d), quien es la voz interna que me impulsa día a día para lograr todo lo que me propongo, sus palabras nunca las he olvidado. «Lo prometido es deuda abuelo, aquí está el resultado del esfuerzo».

Mis amigos mexicanos, por abrirme las puertas de sus casas, por sus consejos, por su apoyo y por compartir conmigo en la alegría y en la tristeza.

Mis amigos panameños que, a pesar de la distancia, nunca han dejado de preocuparse por mí y han estado en todo momento dispuestos a escucharme y apoyarme.

A todos y cada uno, muchísimas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitir que esté aquí y por darme la fuerza y energía para seguir adelante cuando he estado agotada.

A la Organización de los Estados Americanos por brindarme la oportunidad de estudiar esta maestría.

A mis asesoras por parte de la OEA Paulina Savage y Ana Paola Cueva, por brindarme su apoyo en todo momento.

A mis profesores, que me han enseñado las herramientas necesarias para lograr un diseño bioclimático, además de haber compartido sus conocimientos y experiencias.

A los profesores Víctor Fuentes y José Manuel Ochoa, por guiarme y asesorarme durante el proceso de desarrollo de esta tesis.

A las profesoras Irene Marincic, Esperanza García y Alma Ortega, por su apoyo y recomendaciones en esta investigación.

SINOPSIS

Esta tesis aborda la problemática de confort en los espacios exteriores y la vegetación en la Ciudad de Panamá; donde, a pesar de que se está dando un crecimiento del núcleo urbano —sobre todo en forma vertical—, se han dejado de lado los espacios exteriores.

Al mismo tiempo, se han hecho cambios en normativas y usos de suelo que permiten la construcción de edificios de más de 20 pisos en zonas donde apenas se podían construir casas de dos pisos. Este hecho, provoca que la estructura e infraestructura diseñada para abastecer a casas de dos niveles, ahora sea insuficiente para abastecer las edificaciones que albergan a más de 400 personas.

Haciendo referencia específicamente a espacios exteriores —calles, aceras, áreas verdes y parques—, se presenta un gran problema provocado por el aumento de la densidad de población. Las calles no tienen capacidad para tantos vehículos y, por ende, tampoco hay estacionamientos; en consecuencia, las pocas áreas peatonales existentes cumplen esta función. Por otra parte, en las calles hay pocas aceras o banquetas con áreas verdes adecuadas, insuficientes para la densidad de población de la zona y es muy común ver a las personas caminando por la calle en pleno sol, lo que impacta en sus niveles de confort.

En el caso de los parques, no se han planificado acorde con el crecimiento de la ciudad, los pocos parques nuevos que existen son de propiedad privada y, en general, son las áreas residuales de las construcciones.

Por tal razón, en esta investigación se resalta la importancia de la vegetación, tanto a nivel de edificaciones como urbano, ya que los elementos vegetales, colocados adecuadamente en exteriores, ofrecen muchos beneficios a los peatones; sobre todo como protección contra el asoleamiento ya que la Ciudad de Panamá cuenta con un clima cálido-húmedo.

Con el fin de demostrar lo expuesto, se realizaron evaluaciones para obtener la sensación térmica que perciben las personas en espacios con y sin vegetación en

tres estudios de casos. Éstos se ubicaron en una zona donde se podrían aplicar las recomendaciones obtenidas en el presente estudio.

Con esta investigación, se pretende determinar la importancia que tiene la vegetación en el confort de los usuarios de los espacios exteriores para que los estudiantes y diseñadores de arquitectura bioclimática, tengan más información para diseñar dichos espacios.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes del tema	2
Plantemiento del problema	2
Justificación	3
Hipótesis y objetivo general	3
Hipótesis general	3
Objetivo general	3
Hipótesis y objetivos secundarios	4
Hipótesis secundarias	4
Objetivos secundarios	4
Aportaciones al diseño	4
CAPÍTULO 1: LA CIUDAD, EL CLIMA Y LA VEGETACIÓN	6
1 LA CIUDAD, EL CLIMA Y LA VEGETACIÓN	7
1.1 Las ciudades y la arquitectura bioclimática	7
1.2 Importancia de la vegetación en la ciudad	12
1.2.1 La ciudad y la vegetación	12
1.2.2 La ciudad, el microclima y la vegetación	15
1.2.3 Los beneficios de la vegetación	17
CAPÍTULO 2: LA CIUDAD DE PANAMÁ: SUS CONSTRUCCIONES Y ESPACIOS EXTERIORES	23
2 LA CIUDAD DE PANAMÁ: SUS CONSTRUCCIONES Y ESPACIOS EXTERIORES	24
2.1 Análisis regional	24
2.1.1 Ubicación geográfica	24
2.1.2 Análisis de características generales	25
2.2 Arquitectura y estructura urbana de la Ciudad de Panamá	33
2.2.1 Arquitectura vernácula	33
2.2.2 Arquitectura actual	35
2.2.3 Estructura urbana	42

2.3	Espacios exteriores en la Ciudad de Panamá.....	51
2.3.1	Situación actual en la Ciudad de Panamá	51
2.3.2	Situación actual en áreas residenciales.....	54
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS CLIMÁTICO		57
3	ANÁLISIS CLIMÁTICO	58
3.1	Análisis de datos climatológicos y gráficas climatológicas	58
3.1.1	Clasificación del clima Köppen-García	59
3.1.2	Temperatura	60
3.1.3	Humedad	61
3.1.4	Precipitación y evaporación	62
3.1.5	Índice ombrotérmico	64
3.1.6	Días grado	65
3.1.7	Radiación solar	66
3.1.8	Viento	67
3.2	Índices térmicos	69
3.2.1	Temperatura efectiva corregida	69
3.2.2	Humidex	70
3.2.3	<i>Heat index</i> –Índice de temperatura aparente.....	71
3.3	Gráficas bioclimáticas	72
3.3.1	Triángulos de confort	72
3.3.2	Carta bioclimática: primer semestre	74
3.3.3	Carta bioclimática: segundo semestre.....	75
3.3.4	Carta psicométrica: Primer semestre.....	76
3.3.5	Carta psicométrica: Segundo semestre.....	77
3.4	Datos horarios.....	78
3.4.1	Temperatura horaria	78
3.4.2	Humedad relativa horaria	79
3.4.3	Radiación horaria.....	80
3.5	Resumen de estrategias	81
3.5.1	Indicadores Mahoney	81
3.5.2	Matriz de clima.....	83

3.5.3 Ciclos estacionales	85
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	88
4 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	89
4.1 Cálculo con confort-Ex (CONFEX)	89
4.1.1 Datos según actividad metabólica, tipo de vestimenta y albedos	90
4.1.2 Cálculo de datos de transmisividad	92
4.1.3 Cálculo del factor vista del cielo (SVF)	97
4.1.4 Cálculo de la temperatura de los objetos y el suelo.....	97
4.2 Evaluación e interpretación de resultados.....	107
4.2.1 Evaluación	107
4.2.2 Interpretacion de resultados	108
CAPÍTULO 5: ESTUDIOS DE CASO	109
5 ESTUDIOS DE CASO	110
5.1 Selección de los estudios de caso	110
5.2 Usos de suelo en la zona de edificios de Costa del Este y los espacios exteriores	114
5.3 Estudios de la zona	117
5.3.1 Estudios de sombras	118
5.3.2 Estudio de radiación incidente	118
ESTUDIO DE CASO 1: CALLE ENTRE LOS EDIFICIOS	123
5.4 Estudio de caso 1: Calle entre los edificios	124
5.4.1 Caso 1. Temperatura de las superficies	125
5.4.2 Caso 1. Balance de energía de la persona.....	146
ESTUDIO DE CASO 2: PLAZA FRENTE AL EDIFICIO	159
5.5 Estudio de caso 2: Plaza frente al edificio	160
5.5.1 Caso 2. Temperatura de las superficies	161
5.5.2 Caso 2. Balance de energía de la persona.....	176
ESTUDIO DE CASO 3: ISLETA O CAMELLÓN.....	189
5.6 Estudio de caso 3: Isleta o camellon	190
5.6.1 Caso 3. Temperatura de las superficies	191
5.6.2 Caso 3. Balance de energía de la persona.....	200

CAPÍTULO 6: RESUMEN DE RESULTADOS	213
6 RESUMEN DE RESULTADOS.....	214
6.1 Estudio de caso 1: Calle entre los edificios	214
6.1.1 Temperatura de las superficies.....	214
6.1.2 Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)	216
6.2 Estudio de caso 2: Plaza en frente del edificio	219
6.2.1 Temperatura de las superficies.....	219
6.2.2 Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)	221
6.3 Estudio de caso 3: Isleta o camellón	224
6.3.1 Temperatura de las superficies.....	224
6.3.2 Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)	225
CONCLUSIONES.....	229
RECOMENDACIONES	235
REFERENCIAS.....	238
Referencias de Internet.....	238
Referencias.....	243
ANEXOS	246
Anexo 1.- Tabla de Cálculo de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies –100% de Transmisividad	248
Anexo 2.- Tabla de Cálculo de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies –50% de Transmisividad	249
Anexo 3.– Gráficas de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies	251
Anexo 4.– Balance de Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente – Sin Vegetación (100% de Transmisividad) y Con Vegetación (50% de Transmisividad).....	252
Anexo 5.– Porcentaje Mensual del Balance del Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente Sin y Con Vegetación.....	253
Anexo 6.– Porcentaje Horario Anual del Balance de Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente, Sin y Con Vegetación	253
CURRICULUM VITAE	254

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Casa de la antigua Grecia.....	7
Figura 1.2. Manchester, ciudad que cambió con la industrialización.....	8
Figura 1.3. Florida Mall.....	10
Figura 1.4. West Edmonton Mall.	10
Figura 1.5. Mancha urbana de la ciudad de Panamá.....	12
Figura 1.6. Diferencia de temperatura entre la ciudad y sus alrededores.	13
Figura 1.7. Termografía de la ciudad de Atlanta.	13
Figura 1.8 Paseo de la Reforma en Ciudad de México.	15
Figura 1.9. Radiación que dejan pasar los árboles.	17
Figura 1.10. Barrera rompevientos.....	18
Figura 1.11. Árboles que deja pasar el viento y sombrean.	18
Figura 1.12. Casas en Albrook, Ciudad de Panamá.	19
Figura 1.13. Central Park en Nueva York.....	20
Figura 1.14 Vista de un apartamento cerca al Parque Omar en Ciudad de Panamá.....	21
Figura 2.1. Ubicación geográfica de la Ciudad de Panamá.	24
Figura 2.2. Mapa topográfico de la ciudad de Panamá.	25
Figura 2.3. Mapa de altitudes de la Ciudad de Panamá.....	26
Figura 2.4. Mapa edafológico de la Ciudad de Panamá.....	27
Figura 2.5. Mapa geológico de la Ciudad de Panamá.....	28
Figura 2.6. Mapa hidrográfico de la Ciudad de Panamá.	30

Figura 2.7. Mapa de vegetación de la Ciudad de Panamá.....	31
Figura 2.8. Porcentajes de cobertura boscosa de la República de Panamá.	32
Figura 2.9. Viviendas indígenas Emberá.....	34
Figura 2.10. Vivienda con planta circular en Darién (c).....	34
Figura 2.11. Vivienda de planta cuadrada (d).....	34
Figura 2.12. Edificio Hatillo.	38
Figura 2.13. Hotel Plaza Paitilla Inn.	38
Figura 2.14. Platinum Tower.	38
Figura 2.15. Torres Miramar.....	38
Figura 2.16. Ubicación de las nuevas edificaciones.....	39
Figura 2.17. Vista de Punta Paitilla (a).	39
Figura 2.18. Vista de Costa del Este (b).....	39
Figura 2.19. Vistas de Punta Pacífica.	40
Figura 2.20. Vista del Global Bank.	40
Figura 2.21. Vista Aqualina Tower.	40
Figura 2.22. Escala de alturas de edificios construidos o en construcción en la Ciudad de Panamá.....	41
Figura 2.23. Edificio Ocean One.	42
Figura 2.24. Edificios en construcción en Costa del Este.....	42
Figura 2.25. Ubicación de Panamá Viejo y del Casco Viejo.....	43
Figura 2.26. Mapa urbano y vista de Panamá Viejo.....	43
Figura 2.27. Mapa urbano y vista del Casco Antiguo.	43
Figura 2.28. Ubicación de la zona del canal y el desarrollo de la Ciudad de Panamá.....	44

Figura 2.29. Paseo del Prado en la zona del canal y casas de inquilinato en la Ciudad de Panamá.....	45
Figura 2.30. Vista de Atlapa, pertenece al corregimiento de San Francisco.	47
Figura 2.31. Vista de Costa del Este.	48
Figura 2.32. Vista de Punta Pacífica.	49
Figura 2.33. Vista de Calle 50.	50
Figura 2.34. Vista de la Cinta Costera.....	50
Figura 2.35. Vista de Isleta en 12 Octubre.	52
Figura 2.36. Vista del área de juego del residencial en Punta Pacífica.	52
Figura 3.1. Clasificación de clima según el sistema modificado de Köppen García.....	60
Figura 3.2. Temperaturas máximas y mínimas mensuales.	61
Figura 3.3. Humedad máxima y mínima mensual.	62
Figura 3.4. Precipitación y evaporación media mensual.	63
Figura 3.5. Índice ombrotérmico.....	64
Figura 3.6. Días grado.....	65
Figura 3.7. Radiación solar máxima directa, difusa y total mensual.....	66
Figura 3.8. Velocidades de viento medias y máximas mensuales y su orientación predominante.	67
Figura 3.9 Rosas de los vientos anual promedio.....	67
Figura 3.10. Temperatura efectiva corregida (media) del primer y segundo semestre.....	69
Figura 3.11. Comparación de humidex contra temperatura bulbo seco.	70
Figura 3.12. Comparación Australia contra temperatura de bulbo seco.....	71
Figura 3.13. Triángulos de confort.....	72
Figura 3.14. Estrategias bioclimáticas.....	72

Figura 3.15. Carta Bioclimática: primer semestre.....	74
Figura 3.16. Carta bioclimática: segundo semestre.	75
Figura 3.17. Carta psicométrica: Primer semestre.	76
Figura 3.18. Carta psicométrica: Segundo semestre.	77
Figura 4.1. Vista en planta del modelado.	93
Figura 4.2. Vista en elevación del modelado.....	93
Figura 4.3. Los árboles en DXF generando sombra.....	94
Figura 4.4. Árboles con 50 % de transmisividad.	94
Figura 4.5. Sombreado sin vegetación.....	94
Figura 4.6. Sombreado con vegetación.....	94
Figura 4.7. Factor vista del cielo sin vegetación.....	97
Figura 4.8. Factor vista del cielo con vegetación.....	97
Figura 5.1. Ubicación de la zona de estudio.	110
Figura 5.2. Planta y elevación de la zona de estudio donde se ubicarán los estudios de caso.	112
Figura 5.3. Planta y perspectiva de la zona de estudio.	113
Figura 5.4. Planta y elevación de la zona de estudio.	114
Figura 5.5. Norma de usos de suelo de la zona de estudio.	114
Figura 5.6. Vistas de la altura de los edificios de la zona de estudio.	116
Figura 5.7. Estudio de sombras para el 16 de marzo de las 7 a las 18h.....	118
Figura 5.8. Ubicación de la cuadrícula sobre la zona de estudio.....	118
Figura 5.9. Vista de la ubicación de la cuadrícula a 15 m de altura.....	119
Figura 5.10. Vistas de la radiación incidente a nivel 0.0.....	119
Figura 5.11. Vista de la radiación incidente en los puntos de estudio a nivel 0.0.	120

Figura 5.12. Vistas de la radiación incidente en el nivel 5.0.....	120
Figura 5.13. Vista de la radiación incidente en los puntos de estudio a nivel 5.0.	120
Figura 5.14. Vistas de la radiación incidente en el nivel 10.0.....	121
Figura 5.15. Vista de la radiación incidente en los puntos de estudio a nivel 10.0.	121
Figura 5.16. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 1.....	124
Figura 5.17. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación delestudio de caso 1 con vegetación.....	124
Figura 5.18. Temperatura del suelo, mes de abril, –estudio de caso 1.....	128
Figura 5.19. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, abril, –estudio de caso 1.	130
Figura 5.20. Temperatura del suelo, mes de noviembre, –estudio de caso 1.	131
Figura 5.21. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, noviembre, – estudio de caso 1.....	133
Figura 5.22 Temperaturas de la pared NE, abril. –estudio de caso 1.	134
Figura 5.23. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared NE, abril, – estudio de caso 1.....	136
Figura 5.24. Temperaturas de la pared NE, noviembre, –estudio de caso 1.	137
Figura 5.25. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared NE, noviembre, – estudio de caso 1.	139
Figura 5.26. Temperatura de la pared SO, abril, –estudio de caso 1.....	140
Figura 5.27. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SO, abril, estudio de caso 1.....	142
Figura 5.28. Temperaturas de la pared SO, noviembre, –estudio de caso 1.	143
Figura 5.29. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SO, noviembre, – estudio de caso 1.	146
Figura 5.30. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, resumen anual, -estudio de caso 1.	150

Figura 5.31. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 2.	160
Figura 5.32. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 2, con vegetación.....	160
Figura 5.33. Temperatura del suelo del mes de abril, –estudio de caso 2.	164
Figura 5.34. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo del mes de abril, – estudio de caso 2.....	166
Figura 5.35. Temperatura del suelo del mes de noviembre, –estudio de caso 2.	167
Figura 5.36. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, noviembre, – estudio de caso 2.....	169
Figura 5.37. Temperatura de la pared SE del mes de abril, – estudio de caso 2.	170
Figura 5.38. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SE, abril, – estudio de caso 2.....	172
Figura 5.39. Temperatura de la pared SE, noviembre, –estudio de caso 2.	173
Figura 5.40. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SE, noviembre, – estudio de caso 2.....	175
Figura 5.41. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, resumen anual, -estudio de caso 2.	180
Figura 5.42. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 3.....	190
Figura 5.43. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 3 con vegetación.....	190
Figura 5.44. Temperaturas del suelo del mes de abril, –estudio de caso 3.	194
Figura 5.45. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, abril, –estudio de caso 3.	196
Figura 5.46. Temperatura del suelo del mes de noviembre, –estudio de caso 3.....	197
Figura 5.47. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, noviembre, – estudio de caso 3.....	199

Figura 5.48. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, resumen anual, -estudio de caso 3.	204
Figura 6.1. Temperatura del suelo, –estudio de caso 1.	214
Figura 6.2. Temperatura de la pared NE, –estudio de caso 1.....	215
Figura 6.3. Temperatura de la pared SO, –estudio de caso 1.....	215
Figura 6.4. Balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) -estudio de caso 1.....	216
Figura 6.5. Balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%), –estudio de caso 1.....	216
Figura 6.6. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, abril, - estudio de caso 1.....	217
Figura 6.7. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, noviembre, -estudio de caso 1.....	218
Figura 6.8. Temperatura del suelo, –estudio de caso 2.	219
Figura 6.9. Temperatura de la pared SE, –estudio de caso 2.	220
Figura 6.10. Balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), -estudio de caso 2.	221
Figura 6.11. Balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), -estudio de caso 2.	221
Figura 6.12. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, abril, -estudio de caso 2.....	222
Figura 6.13. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, noviembre, -estudio de caso 2.....	223
Figura 6.14. Temperatura del suelo, –estudio de caso 3.	224
Figura 6.15. Balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), -estudio de caso 3.	225
Figura 6.16. Balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), -estudio de caso 3.	225

Figura 6.17. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, abril, -estudio de caso 3.....	226
Figura 6.18. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, noviembre, -estudio de caso 3.....	227
Figura 7.1 Traslape de los árboles.	236
Figura 7.2 Fotografía hemisferica de palmas de aceite.....	237

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Temperatura media bulbo seco y húmedo, temperatura efectiva corregida y velocidad media de viento.	69
Tabla 3.2. Temperatura horaria.....	78
Tabla 3.3. Humedad relativa horaria.	79
Tabla 3.4. Radiación máxima total, máxima directa y máxima difusa.	80
Tabla 3.5. Tabla de resultados mensuales de los indicadores Mahoney.	81
Tabla 3.6. Tabla de recomendaciones dada por indicadores Mahoney.	82
Tabla 3.7. Matriz de clima.	83
Tabla 3.8. Ciclos estacionales.....	85
Tabla 4.1. Actividades metabólicas.	90
Tabla 4.2. Características de la ropa.....	91
Tabla 4.3. Albedos de la ropa.....	91
Tabla 4.4. Albedos de vegetación.	92
Tabla 4.5. Albedos de superficies urbanas.	92
Tabla 4.6. Porcentajes de sombreado horario.....	95
Tabla 4.7. Datos generales del lugar de estudio.	99

Tabla 4.8. Datos de hora solar y ángulo horario.....	100
Tabla 4.9. Datos de ángulos solares y de incidencia.	101
Tabla 4.10. Datos de radiación directa, radiación difusa, radiación reflejada por el piso y radiación total.	103
Tabla 4.11. Datos de temperatura sol-aire.	106
Tabla 4.12. Interpretación de balance térmico como sensación de confort exterior.	108
Tabla 5.1. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo, mes de abril, –estudio de caso 1.....	129
Tabla 5.2. Criterios para determinar si la superficie esta sombreada o no.....	129
Tabla 5.3. Períodos en que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, abril, -estudio de caso 1.	129
Tabla 5.4. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo, noviembre, –estudio de caso 1.....	132
Tabla 5.5. Períodos en que el suelo está sombreado o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 1.	132
Tabla 5.6. Comparación de resultados de la temperatura so –aire de la pared NE, abril, –estudio de caso 1.	135
Tabla 5.7. Períodos en que la pared NE se encuentra sombreada o recibe radiación, abril, -estudio de caso 1.....	135
Tabla 5.8. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire, pared NE, noviembre, –estudio de caso 1.....	137
Tabla 5.9. Períodos en que la pared NE está sombreada o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 1.	138
Tabla 5.10. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire, pared SO, abril, – estudio de caso 1.	141
Tabla 5.11. Períodos en que la pared SO está sombreada o recibe radiación, abril, -estudio de caso 1.....	142
Tabla 5.12. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire, pared SO, noviembre, –estudio de caso 1.....	144

Tabla 5.13. Períodos en que la pared SO está sombreada o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 1.	145
Tabla 5.14. Condiciones del peatón utilizadas para los estudios de caso 1.....	147
Tabla 5.15. Balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%), -estudio de caso 1.....	148
Tabla 5.16. Balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%), -estudio de caso 1.....	148
Tabla 5.17. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (enero a abril).	151
Tabla 5.18. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (mayo a agosto).	152
Tabla 5.19. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (septiembre a diciembre).....	153
Tabla 5.20. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 6 a las 9 horas).	155
Tabla 5.21. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 10 a las 13 horas).	156
Tabla 5.22. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 14 a las 17 horas).	157
Tabla 5.23. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (18 horas).	158
Tabla 5.24. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo, mes de abril, –estudio de caso 2.....	165
Tabla 5.25. Criterios para determinar si la superficie esta sombreada o no.....	165
Tabla 5.26. Períodos en que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, abril, estudio de caso 2.	165
Tabla 5.27. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo, – estudio de caso 2.	168

Tabla 5.28. Períodos que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 2.	168
Tabla 5.29. Comparación de resultados de la temperatura sol –aire de la pared SE, abril, – estudio de caso 2.....	171
Tabla 5.30. Períodos en que la pared SE está sombreada o recibe radiación, abril, -estudio de caso 2.	171
Tabla 5.31. Comparación de resultados de temperatura sol –aire, pared SE, noviembre, –estudio de caso 2.....	174
Tabla 5.32. Períodos en que la pared SE está sombreada o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 2.	174
Tabla 5.33. Condiciones del peaton utilizadas para los estudios de caso.....	177
Tabla 5.34. Balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), -estudio de caso 2.	178
Tabla 5.35. Balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), estudio de caso 2.	178
Tabla 5.36. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (enero a abril).	181
Tabla 5.37 Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (mayo a agosto).	182
Tabla 5.38. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (septiembre a diciembre).....	183
Tabla 5.39. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 6 a las 9 horas).	185
Tabla 5.40. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 10 a las 13 horas).	186
Tabla 5.41. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 14 a las 17 horas).	187
Tabla 5.42. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (18 horas).	188

Tabla 5.43 Comparación de resultados de la temperatura sol –aire del suelo, abril, –estudio de caso 3.	195
Tabla 5.44. Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no.....	195
Tabla 5.45. Períodos en que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, abril, -estudio de caso 3.	195
Tabla 5.46. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo, noviembre, –estudio de caso -3.	198
Tabla 5.47. Períodos en que el suelo está sombreado o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 3.	198
Tabla 5.48. Condiciones del peaton utilizadas para los estudios de caso.....	201
Tabla 5.49. Balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%), -estudio de caso 3.....	202
Tabla 5.50. Balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%), -estudio de caso 3.....	202
Tabla 5.51. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (enero a abril).	205
Tabla 5.52. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (mayo a agosto).	206
Tabla 5.53. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (septiembre a diciembre).....	207
Tabla 5.54. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 6 a las 9 horas).	209
Tabla 5.55. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 10 a las 13 horas).	210
Tabla 5.56. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 14 a las 17 horas).	211
Tabla 5.57. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (18 horas).	212
Tabla 7.1. Árboles nativos de Panamá.....	236

INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata sobre la influencia que tiene la vegetación sobre el confort de los usuarios de los espacios exteriores de la Ciudad de Panamá, la vegetación en la actualidad se ha venido considerando como un elemento secundario al momento de planificar estos espacios. Por tal razón, este documento busca resaltar la importancia de la vegetación en exteriores a nivel del peatón, con el objeto de que los diseñadores e inversionistas, no sólo se enfoquen en el desarrollo de las edificaciones sino también de los espacios exteriores que las rodean.

Las áreas verdes exteriores de las ciudades, muchas veces son el resultado de espacios residuales no planificados y por ello no cumplen con una finalidad funcional y no responden a las necesidades bioclimáticas del peatón que las utiliza o las transita.

El capítulo 1º, de este documento resalta la importancia de la arquitectura bioclimática y los espacios exteriores con vegetación, así como los múltiples beneficios que ellos brindan. En el capítulo al capítulo 2º, aborda el análisis regional y describe el desarrollo urbano y arquitectónico que ha tenido la Ciudad de Panamá, incluyendo el desarrollo que han tenido los sus espacios exteriores. En cuanto al capítulo 3º, se presenta el análisis climático y las gráficas bioclimáticas a partir de los cuáles se definen las estrategias adecuadas para la zona.

Por otra parte, en los capítulos 4º y 5º abordan la metodología utilizada para evaluar los estudios de caso seleccionados. En esta metodología se explica, paso a paso, cada uno de los cálculos que fueron necesarios realizar para medir los niveles de confort de las personas en diferentes momentos y situaciones del día.

El capítulo 5º, se refiere específicamente a los estudios de caso, desde su selección, análisis, evaluaciones y resultados, a partir de los niveles de confort de las personas.

El capítulo 6º es un resumen de resultados de toda la información obtenida del capítulo 5º.

Con esta tesis se espera aportar un proceso metodológico y criterios para que los diseñadores tengan una visión más amplia en el momento de diseñar y no se enfoquen únicamente en los edificios, ya que los espacios exteriores también tienen usuarios con requerimientos de bienestar y confort.

Antecedentes del tema

Plantemiento del problema

Aproximadamente desde el año 2000, la Ciudad de Panamá ha tenido una dinámica inmobiliaria acelerada en donde se han desarrollado proyectos hoteleros, residenciales y comerciales, entre otros.

Los proyectos que se destacan en la ciudad son edificios que pueden tener más de 20 pisos, que ocupan gran parte del terreno lotificado y están tan cercanos unos de otros, al punto que, en algunas zonas, los niveles de estacionamientos están adosados y las torres pueden estar separadas unas de otras entre 10 y 15 m. La mayoría de las veces, estos edificios se construyen en zonas que solían tener un uso de suelo habitacional donde existían casas con un máximo de dos niveles; actualmente, la nueva regulación del uso de suelo permite la construcción de este tipo de edificios.

Este crecimiento acelerado de la ciudad ha provocado una escasa o nula planificación de los espacios exteriores con vegetación, indispensables para el uso peatonal. Y por el contrario, se tiende a ocupar la mayor superficie del terreno y con la mayor altura posible con el fin de rentabilizar cada metro cuadrado construido.

Al no existir áreas peatonales adecuadas en los barrios, en donde se permite construir estas grandes torres, se puede ver a las personas caminando a pleno sol sobre el arroyo de la calle porque no hay una acera por donde caminar, y mucho menos vegetación que pudiera proteger a los peatones del radiación.

Por otra parte, hay una saturación de tráfico vehicular y demanda de estacionamientos en estas zonas, lo que provoca que los pocos espacios peatonales que existen sean utilizados como estacionamientos.

Con situaciones como las descritas, se puede percibir que no se ha tenido en cuenta ningún criterio bioclimático ni paisajístico durante el desarrollo urbano de estas zonas, ya que los espacios exteriores con vegetación no son considerados. La vegetación es un elemento muy importante para lograr el confort del peatón en los espacios exteriores, sobre todo en un lugar como la Ciudad de Panamá que tiene un clima cálido-húmedo

Justificación

El clima de la Ciudad de Panamá es cálido-húmedo, la temperatura puede alcanzar los 35 °C y la humedad relativa llega al 100%; por todo ello, la ventilación y la protección solar son las estrategias principales de climatización pasiva.

La vegetación, además de brindar protección solar, es un elemento que permite inducir o canalizar el viento para lograr, de esta manera, cumplir con la aplicación de las estrategias básicas de diseño para el clima de esta región.

Es importante que los inversionistas, desarrolladores y diseñadores se den cuenta de los beneficios de confort y económicos que puede brindar el diseño adecuado de las áreas verdes exteriores y que a nivel urbano y arquitectónico las áreas exteriores también pueden ser rentables.

Hipótesis y objetivo general

Hipótesis general

El uso correcto de la vegetación en los espacios exteriores de la Ciudad de Panamá influye de manera positiva sobre las condiciones de confort de los usuarios.

Objetivo general

Estudiar la importancia de la vegetación en el confort de los usuarios de los espacios exteriores desde una perspectiva bioclimática, con el propósito de que

los profesionales y estudiantes le den importancia a la vegetación y la tomen en cuenta en el momento de diseñar los espacios.

Hipótesis y objetivos secundarios

Hipótesis secundarias

La vegetación es un elemento que influye en las ciudades y brinda beneficios a sus habitantes.

La estructura urbana de la Ciudad de Panamá, genera consecuencias desfavorables a nivel arquitectónico y urbano.

Los espacios exteriores de la ciudad no cuentan con las condiciones necesarias para que sean utilizados y disfrutados por los peatones.

El desconocimiento que tienen los diseñadores sobre el efecto de la vegetación en el confort de los usuarios de los espacios exteriores, provoca que se le reste importancia a dicho elemento y sea omitido en la planeación urbano – arquitectónica.

Objetivos secundarios

Describir de manera general la influencia de la vegetación en las ciudades y los beneficios que brinda a las personas.

Analizar la estructura urbana de la Ciudad de Panamá y los efectos que ha tenido sobre las edificaciones y demás elementos urbanísticos.

Estudiar y analizar la situación de los espacios exteriores con vegetación, tanto a nivel urbano general como a nivel de barriada.

Aplicar una metodología de análisis sobre estudios de caso, que compruebe que el empleo adecuado de vegetación favorece el nivel de confort del peatón en los espacios exteriores.

Aportaciones al diseño

Elaborar una investigación que permita destacar la importancia de la vegetación en el confort de los usuarios de los espacios exteriores en la Ciudad de Panamá. Dicha investigación será el fundamento para originar otras investigaciones que

traten sobre este tema en la Ciudad de Panamá, con el objetivo de generar en algún momento un documento que tanto estudiantes como arquitectos, puedan utilizar para cualquier proyecto que se desarrolle en clima cálido-húmedo. De esta manera, la vegetación pasará de ser una simple propuesta estética a una bioclimática que brinde condiciones de bienestar y confort a los usuarios de estos importantes espacios urbanos.

CAPÍTULO 1: LA CIUDAD, EL CLIMA Y LA VEGETACIÓN

1 LA CIUDAD, EL CLIMA Y LA VEGETACIÓN

1.1 Las ciudades y la arquitectura bioclimática

El término de arquitectura bioclimática, es considerado por muchos autores como un término repetitivo debido a que toda arquitectura debería ser bioclimática y no una etiqueta de diseño utilizada para identificar proyectos que toman en cuenta el medio ambiente en su diseño.

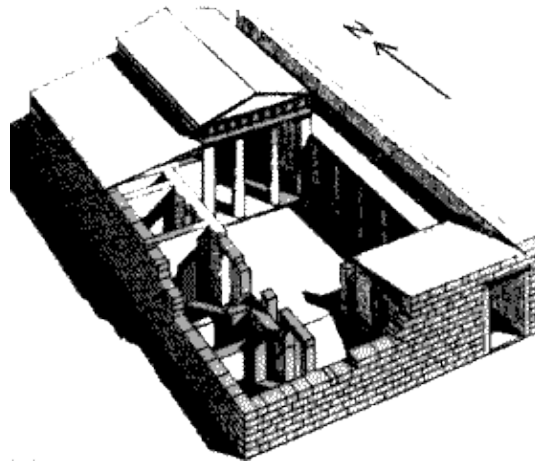


Figura 1.1. Casa de la antigua Grecia.

Fuente: González (2009).

A continuación se hará un breve resumen de cómo se manifestó la arquitectura bioclimática en diferentes periodos:

La arquitectura bioclimática ha estado presente desde la antigüedad debido a la necesidad que tenía cada región por lograr el confort dentro de sus espacios. Los griegos construyeron ciudades con una traza reticular para, de esta manera, orientar los lotes hacia el sur con el propósito de que los espacios habitables tuvieran una mejor orientación. Estos espacios estaban articulados por un pórtico que permitía el paso del sol en invierno mientras que, en el verano, lo impedía. La combinación de esas estrategias de diseño permitió que los habitantes de estas edificaciones pudieran estar en confort sin importar la época del año.

Sin embargo, este sencillo método no fue efectivo para los romanos, ya que tenían un territorio vasto y variado climáticamente que dificultaba lograr el confort en las edificaciones tan sólo por medio del diseño arquitectónico. Esta circunstancia provocó que en, algunas edificaciones, se rotara el uso de los espacios según la época del año e incluso, en situaciones extremas, las familias romanas llegaron a tener dos casas que utilizaban dependiendo de la temporada (González, 2009).

Tanto en la cultura griega como en la romana, se tuvo una conciencia climática al diseñar sus edificaciones pero en otros periodos históricos, como durante la revolución industrial, la mayor parte de las construcciones fueron insalubres e inhumanas.



Figura 1.2. Manchester, ciudad que cambió con la industrialización.
Fuente: Sarmiento (2008).

La revolución industrial en Europa provocó la migración de muchos trabajadores a las ciudades industrializadas, se dieron asentamientos residenciales, alrededor de las industrias, que no tenían condiciones de salubridad. Al ser conscientes de las condiciones de vida de los trabajadores, y para evitar revoluciones sociales, los industriales y el estado promovieron las llamadas ciudades solares:

[...] edificios largos y estrechos se ubicaban en un espacio predominantemente verde y separados entre sí a una distancia suficiente para permitir el acceso de todos los espacios interiores al Sol y aprovechar así su efecto higienizante, además de térmico. (González, 2009)

Durante la segunda postguerra mundial, nace el movimiento moderno del siglo XX que tenía como ideal la industrialización de la construcción. Se buscaba una producción técnica, repetitiva y estandarizada de viviendas. Este ideal de industrialización nunca llegó a alcanzarse y fue muy cuestionado a finales del siglo por su modelo productivista y mecanicista.

A pesar del fracaso, el movimiento moderno dio origen al estilo internacional, que no tomaba en cuenta la ubicación, la arquitectura tradicional y el clima al momento de diseñar las construcciones, debido a que los avances en la tecnología permitían que las edificaciones pudieran ser climatizadas artificialmente sin importar donde estuvieran ubicadas. Ésta era la forma más fácil y rápida para lograr que los ocupantes de estos edificios pudieran estar en confort sin importar el costo que tuviera que pagar el medio ambiente (González, 2009). Celis (2000) comenta al respecto:

Un progreso marcado por las innovaciones tecnológicas que, en el campo de la construcción, posibilitaron el acceso a una vivienda salubre a una enorme cantidad de población en un siglo que vio el mayor incremento demográfico de la historia, pero que, paralelamente, significaron un elevado coste de desgaste en recursos naturales, en contaminación ambiental y en desastres naturales inducidos por el hombre, difícilmente asumibles a largo plazo.

Entre 1930 y 1950, se tuvo un poco más de conciencia ambiental y se realizaron investigaciones y prototipos experimentales con la finalidad de utilizar la energía solar para calentar agua e interiores. Sin embargo, no se les dio la importancia que merecían ya que los recursos empleados en los servicios de las viviendas eran muy económicos.

En la década de 1970, se dio una crisis energética que impulsó la conciencia sobre el uso de recursos que alimentaban los servicios debido a que las personas percibían que éstos se podían agotar. Este impulso permitió que se pudieran continuar las investigaciones sobre los recursos renovables de energía y la arquitectura bioclimática, pero dicho impulso de conciencia fue disminuyendo durante los siguientes años, como consecuencia de esta falta de conciencia la

mayoría de las ciudades continuaron utilizando materiales industrializados y clima artificial en los espacios (González, 2009).



Figura 1.3. Florida Mall.

Fuente: EUPD (2008).



Figura 1.4. West Edmonton Mall.

Fuente: Hicker (2010).

Estas ciudades se identifican por tener grandes edificios y centros comerciales con la última tecnología, sus diseños son estandarizados y se repiten de país en país (ver fig. 1.3 y 1.4). Con este hecho, se demuestra que los diseñadores no logran un balance entre la conciencia climática, el uso de la tecnología y la aplicación de conocimientos para lograr el confort de los espacios en forma pasiva. Esta práctica, origina proyectos aislados e incoherentes con su entorno, provocando que el funcionamiento mecánico del edificio sea forzado e irracional lo que acarrea costos tanto al proyecto como al ambiente. Morillón (2002) comenta lo siguiente:

[...] la no-estandarización de estilos del ámbito mundial (conocidos como arquitectura internacional, arquitectura de vanguardia, edificios inteligentes, etcétera), pues permite dentro de cada estilo la adecuación con el entorno de cada lugar. De no suceder así, se acarrean problemas tales como el uso irracional de sistemas mecánicos de climatización, con el consecuente derroche de energía y costos en la operación de edificio.

Por otra parte, están las ciudades conformadas por edificaciones de carácter tradicional o vernáculo que tienen una conciencia climática. Estas edificaciones

sacan el mejor provecho de su entorno y muestran cómo alcanzar el confort sin ser agresivos con el ambiente.

A propósito de la arquitectura tradicional o vernácula González (2009) comenta lo siguiente:

La arquitectura vernácula, que refleja las tradiciones transmitidas de una generación a otra y que generalmente se ha producido por la población sin la intervención de técnicos o especialistas, siempre ha respondido a las condiciones de su contexto, buscando, a través de la sabiduría popular, sacar el mayor partido posible de los recursos naturales disponibles para maximizar la calidad y el confort de las personas.

Al no dominar edificios contruidos con materiales industrializados, que utilizan climatización artificial, estas ciudades por lo general son catalogadas como antiguas u obsoletas. Sin embargo, las edificaciones tradicionales tienen mejores condiciones de confort que las que se construyen en las actuales metrópolis. Esto se debe a la necesidad de entender el clima y el entorno que tuvieron los habitantes para poder construir sus edificaciones, al no contar con la tecnología necesaria para los sistemas de climatización artificial, o para la producción e instalación de materiales industrializados.

Esto no quiere decir que debemos repetir exactamente la arquitectura tradicional, y que nos olvidemos de los materiales industrializados y de la climatización artificial, sino que hay que tener una conciencia en el momento de diseñar, tomar lo tradicional como referencia y crear edificios pensados para funcionar, dentro de lo posible, de acuerdo con el clima y el entorno en que se encuentran.

1.2 Importancia de la vegetación en la ciudad

1.2.1 La ciudad y la vegetación

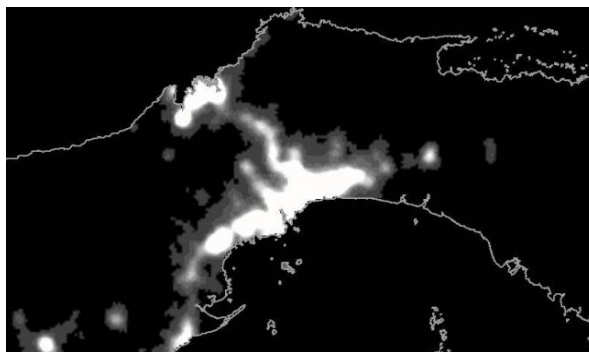


Figura 1.5. Mancha urbana de la ciudad de Panamá.

Fuente: SERVIR (2010).

La población mundial en general, se concentra en las zonas urbanas, las cuales tienden a ser más densas que sus alrededores, consecuencia de la migración ocasionada por la búsqueda de una estabilidad económica.

La densidad poblacional se puede distribuir en forma vertical (edificios), u horizontal (casas); en este último caso, la extensión de la mancha urbana aumenta, por lo tanto el área verde que rodea a la ciudad se reduce.

La fig. 1.5, muestra una vista satelital nocturna de la Ciudad de Panamá, la zona iluminada es la mancha urbana, que tiene una forma lineal; en los extremos de la misma (considerados las afueras de la ciudad), se encuentran los asentamientos horizontales mientras que en el centro, están los asentamientos verticales, que concentran la mayor densidad de población. En las áreas urbanas se da el fenómeno de isla de calor, debido a que estas zonas generan y acumulan más calor comparado con sus alrededores.



Figura 1.6. Diferencia de temperatura entre la ciudad y sus alrededores.

Fuente: ADF (2010).

Se puede definir la isla de calor de la siguiente manera:

Un fenómeno general provocado por los núcleos urbanos es el de la isla de calor o sea el que los núcleos urbanos tienen temperaturas superiores a las del entorno, o a las que tendría esa misma área si no estuviera edificada. [...] (Goluboff, 2000) (Ver fig. 1.6)

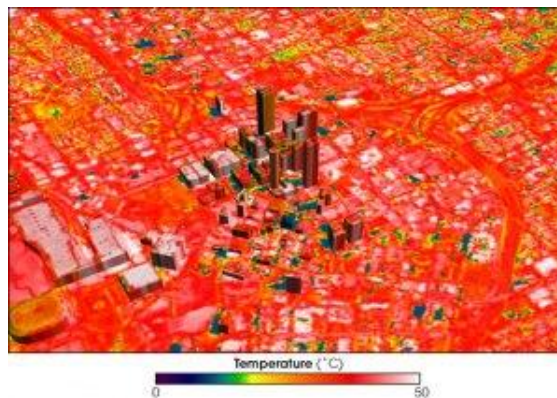


Figura 1.7. Termografía de la ciudad de Atlanta.

Fuente: IE (2008).

Los valores de temperatura de la isla de calor se pueden medir por medio de un estudio de termografías (ver fig. 1.7). Este estudio consiste en medir las temperaturas de los objetos sin estar en contacto con los mismos, esto se realiza mediante la captación de la radiación infrarroja por medio de equipos termográficos. Las principales razones para que se produzca la isla de calor es el aumento de las áreas construidas y el consumo energético que estas áreas tienen.

A continuación, se explicará el efecto de la radiación solar sobre las áreas construidas y la razón del aumento de la temperatura. La radiación solar llega a la superficie terrestre como onda de longitud corta que se convierte en calor cuando es absorbida por una superficie seca y es liberada como radiación de onda larga. Aquí es donde se da el principal problema en las ciudades, debido a que esta radiación de onda larga liberada, por las superficies construidas, no se disipa en su totalidad sino que se refleja en otras superficies construidas incrementando la temperatura a nivel del suelo. Según Givoni (citado en Goluboff, 2000), algunos de los factores que contribuyen al fenómeno de isla de calor son:

- 1- Diferencias en el balance neto de radiación entre el área urbana y el entorno natural abierto. En particular, la menor proporción de enfriamiento durante la noche.
- 2- Acumulación de energía solar en la masa de los edificios en la ciudad durante el día y su liberación durante la noche.
- 3- Generación de calor por las actividades del área urbana durante todo el año (transporte, industria, etc.).
- 4- Escasa evaporación del suelo y de la vegetación, mucho menor que en espacios rurales abiertos.
- 5- Fuentes estacionales de generación de calor, calefacción de las viviendas en invierno y aire acondicionado en verano.

Para atajar el fenómeno de isla de calor y dar soluciones, hay que plantear el problema tanto en los proyectos particulares como en los proyectos urbanos.

El problema no es de un edificio en particular, podemos plantear soluciones en un edificio y esto significaría un avance, pero también tenemos que plantear soluciones a nivel urbano y de territorio. (Goluboff, 2000)

La vegetación se puede utilizar para mitigar el fenómeno de la isla de calor dentro del núcleo urbano, mantiene el calor en sus copas mientras que la parte más cercana a la tierra está fresca.



Figura 1.8 Paseo de la Reforma en Ciudad de México.

Fuente: AM (2009).

Con respecto a la isla de calor y la vegetación, Goluboff (2000) opina lo siguiente:

La importancia de las áreas verdes y su desarrollo en las áreas urbanas resulta de las características de su comportamiento en relación con el clima, refrescando y aumentando la humedad ambiente en el entorno inmediato. Así como las áreas asfaltadas acumulan calor y lo radian con posterioridad al ambiente, las áreas verdes en cambio bajan la temperatura como consecuencia del efecto de evaporación del agua. (Ver fig. 1.8)

1.2.2 La ciudad, el microclima y la vegetación

Lo descrito anteriormente, nos da una idea clara de la relación entre la ciudad, la isla de calor y la vegetación; pero para entender lo que pasa climáticamente en la ciudad se debe conocer el espacio climático tanto desde un punto de vista global como específico.

El espacio climático es la división de un área o zona dependiendo de sus condicionantes climáticas y físicas particulares. Puede estar influenciado por diferentes variables como el viento, la temperatura, la humedad, así como la topografía del terreno, la vegetación y las características del material que cubre el terreno, entre otras. La forma en que el espacio climático es influenciado dependerá de qué parte de dicho espacio está siendo afectada y qué variables están interviniendo.

Para poder entender las partes en que se divide el espacio climático, se darán las siguientes definiciones:

El **microclima**, describe, como ya se había dicho, es el clima de una zona específica, cuyas características cambian rápidamente al moverse de una zona a otra, debido al coeficiente de fricción del terreno, al tipo de suelo, a la orientación e inclinación de la superficie, a la cobertura vegetal, al contenido de humedad del suelo, etc.

El **clima zonal** describe las condiciones climáticas de una zona específica de una ciudad con características particulares, como puede ser el tipo de trama urbana, la densidad y tipo de construcción o la presencia de zonas verdes, lagos, etc.

El **clima local** se refiere al clima de una localidad, el cual está claramente diferenciado de las zonas que lo rodean y está definido por cambios en la superficie a gran escala (por ejemplo: bosque y ciudad), la distribución de tierra y agua (ríos, lagos y costa), y la topografía (valle y montaña).

El **mesoclima** describe el clima de una región, que puede abarcar ciudades, pueblos, incluso países enteros, está definido por los grandes accidentes topográficos, océanos y mares, la altitud y la ubicación geográfica, mientras que el **macroclima** se refiere al clima a nivel continental, que estará determinado por los sistemas de circulación atmosférica a gran escala. (Ochoa, 1999)

En un área urbana se pueden encontrar varios microclimas pero todos se verán afectados, de una u otra forma, por las edificaciones ya que éstas acumulan calor y elevan la temperatura. Pero si existe vegetación de un espesor de 50 a 100 metros alrededor de un centro urbano, se ha registrado que se puede dar una diferencia de 3.5°C, entre el área construida y la banda de vegetación. Esta banda, por convección horizontal, enfría las áreas más calientes, el área construida, y aumenta la humedad relativa en un 5%. (Ugarte, 2009a)

La vegetación es un elemento que existe en todas partes pero en algunos lugares es más abundante que en otros. Este elemento puede ser utilizado para mejorar los microclimas en las áreas urbanas y el confort de los habitantes de una edificación específica, la forma en que se utilice dependerá del clima en que se encuentre el área urbana o edificación.

1.2.3 Los beneficios de la vegetación

En ciertas ciudades, las áreas verdes y parques se concentran en sus zonas más antiguas, mientras que las zonas nuevas de la ciudad son un desierto pavimentado. También se da el caso opuesto donde las zonas nuevas concentran las áreas verdes mientras que en el centro de la ciudad las áreas verdes han desaparecido por la especulación del suelo en esa zona. Esto demuestra que en la planificación de ciertas ciudades no se está tomando en cuenta la necesidad de los espacios verdes.

Las posibles razones a que se deba esta falta de interés por la vegetación son: el desconocimiento, la demanda de suelo para construcción y, sobre todo, por el factor económico. Muchas veces se prefiere eliminar las áreas verdes para obtener un área de construcción mayor que generará más ganancias. Esta razón no es una justificación de peso para descartar las áreas verdes dentro de un proyecto ya que la existencia de éstas puede aumentar el precio de venta del espacio construido; además traería beneficios a los habitantes del proyecto.

1.2.3.1 Beneficios ambientales

La vegetación influye sobre diferentes parámetros ambientales como:

Humedad: La vegetación mantiene la humedad del suelo y el aire.

Radiación solar: La vegetación impide, releja y absorbe la radiación solar.

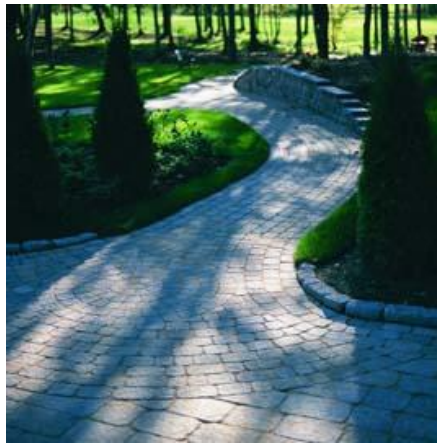


Figura 1.9. Radiación que dejan pasar los árboles.

Fuente: IJ (2000).

Según Ugarte (2009b), la protección solar que brinda la vegetación aporta una serie de beneficios:

La vegetación participa en la protección solar, aportando sombra y creando un microclima. La escogencia de las especies es importante, porque la calidad de la sombra depende de la densidad del árbol. El follaje de un árbol puede filtrar 60 a 90% de la radiación solar y un buen tapiz vegetal reduce la radiación solar reflejada. (Ver Fig.1.9)

Viento: La vegetación puede evitar, canalizar, filtrar, aprovechar o proteger del viento.



Figura 1.10. Barrera rompevientos.

Fuente: BBR (2010).



Figura 1.11. Árboles que deja pasar el viento y sombrean.

Fuente: SSL (2006).

Sobre el viento y la vegetación, Lacomba (1991) comenta lo siguiente:

En sitios con vientos fríos, se recomienda usar barreras rompevientos que disminuyan u obstaculicen el acceso de aquellos; en el caso de regiones cálidas con problema de escasez de humedad en el aire, es recomendable utilizar macizos de plantas que, sin obstaculizar el acceso de brisa al sitio, proporcionen humedad por evapotranspiración; y en regiones cálido – húmedas, sólo se debe proporcionar sombra y dirigir el viento hacia la edificación. (Ver fig. 1.10 y 1.11)

Temperatura: Por medio de la evaporación del agua que se encuentra en las hojas de las plantas se puede lograr el efecto de enfriamiento el cual dependerá del área arbolada y de la cantidad de agua que se evapore.

La vegetación es un elemento que, colocado adecuadamente, puede modificar varios parámetros ambientales a la vez; de esta manera, tanto los peatones, en espacios exteriores, como los habitantes de las edificaciones pueden estar en confort.



Figura 1.12. Casas en Albrook, Ciudad de Panamá.

Fuente: FT (1998).

En referencia a los edificios particulares, Ugarte afirma que la vegetación en espacios exteriores tiene influencia sobre factores como la radiación y el viento

Las plantaciones cercanas a las construcciones, disminuyen la radiación solar directa, reflejada y difusa. Si además se suma una fuente de agua, se crea un microclima refrescante. Los espacios exteriores contiguos a la construcción, necesitan un tratamiento climático. La buena ventilación se logra con la buena orientación de los espacios externos, hacia los vientos dominantes. Se recomiendan por lo menos tres metros de vegetación contigua al edificio y 2/3 de pantallas solares en la periferia. (Ugarte, 2009b) (Ver fig. 1.12)

1.2.3.2 Beneficios psicológicos

La existencia de vegetación en áreas construidas permite que las personas se puedan relajar; por ejemplo, en edificios de oficinas donde la presión de trabajo es grande resulta agradable salir a un área arbolada donde las personas puedan comer o tomar un receso para despejar la mente.



Figura 1.13. Central Park en Nueva York.

Fuente: LQYTD(2009).

Con respecto a este tema Lacomba (1991) comenta:

Las áreas verdes facilitan un estado de tranquilidad y sosiego para la vida tan agitada de las urbes además de proporcionar un remanso de paz y armonía, tanto por el paisaje como porque dan la oportunidad de tener una relación continua y accesible con la naturaleza.

Dicha relación puede ser pasiva (contemplativa) o activa, como la practica hortícola, la cual, aun cuando es poco usual en nuestro medio, resulta igualmente importante. (Ver fig. 1.13)

1.2.3.3 Beneficios acústicos

El ruido es nocivo para la salud del humano cuando alcanza los 85 dB; en la vida urbana, ruidos de maquinarias, aviones y truenos van de 100 a 120 dB con lo cual sobrepasa claramente ese límite. En cuanto a ruidos más comunes como el de un auto, una oficina ruidosa o la calle, pueden ir de 70 a 80 dB.

La vegetación es una herramienta que ayuda a amortiguar el ruido y puede reducir su intensidad de 5 a 8 dB. (Lacomba, 1991)

Al suroeste de Nebraska se observó que con cortinas de árboles para proteger contra el ruido se llegó a reducir la intensidad del sonido entre 5 y 8 decibels, mientras que con una buena selección de especies se reduce de ocho a doce decibels. (Lacomba, 1991)

1.2.3.4 Beneficios económicos



Figura 1.14 Vista de un apartamento cerca al Parque Omar en Ciudad de Panamá.

Fuente: OXL (2010).

El hecho de que un terreno tenga vegetación aumenta el precio de venta del mismo, aun si éste no tiene construcción, el incremento del costo del terreno dependerá de la condición y ubicación de los árboles (ver fig. 1.14).

Si el terreno tiene una construcción y vegetación externa, el valor de este proyecto será mayor que si no tuviera vegetación.

En predios para uso habitacional, los arboles pueden añadir hasta 25% al valor de la propiedad, mientras que en las áreas destinadas a restaurantes, clubes deportivos o sociales, este porcentaje puede ser mayor. Por otro lado, un área verde urbana en buenas condiciones incrementa el costo de los predios próximos. (Lacomba, 1991)

En cuanto al consumo energético, éste disminuirá si se utiliza la vegetación como elemento pasivo de enfriamiento o calentamiento, obviamente esto dependerá del clima. Por lo tanto, si los habitantes de la construcción utilizan calefacción o aire acondicionado para estar en confort, el uso de estos artefactos se reduciría, o se dejarían de utilizar, con lo cual traería un beneficio económico.

En conclusión, la vegetación es un elemento que tiene efecto sobre los microclimas de un área urbana ya que permite regular las temperaturas, proteger

de las radiaciones solares, aprovechar o evitar los vientos, etc. La forma en que se utiliza dependerá del beneficio que buscamos obtener de ella.

Este elemento puede ser utilizado para mejorar las condiciones de confort, ya sea a nivel urbano o a nivel de un proyecto en específico; por tal razón, tanto los peatones de un parque como los ocupantes de una casa pueden gozar los beneficios de la vegetación.

CAPÍTULO 2: LA CIUDAD DE PANAMÁ: SUS CONSTRUCCIONES Y ESPACIOS EXTERIORES

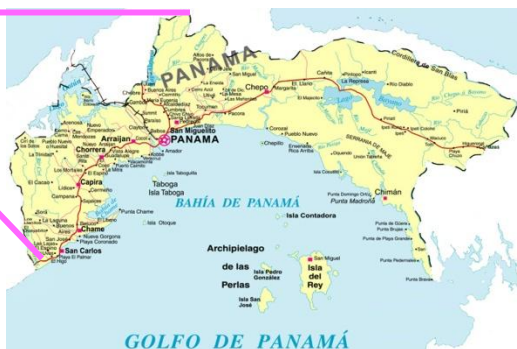
2 LA CIUDAD DE PANAMÁ: SUS CONSTRUCCIONES Y ESPACIOS EXTERIORES

2.1 Análisis regional

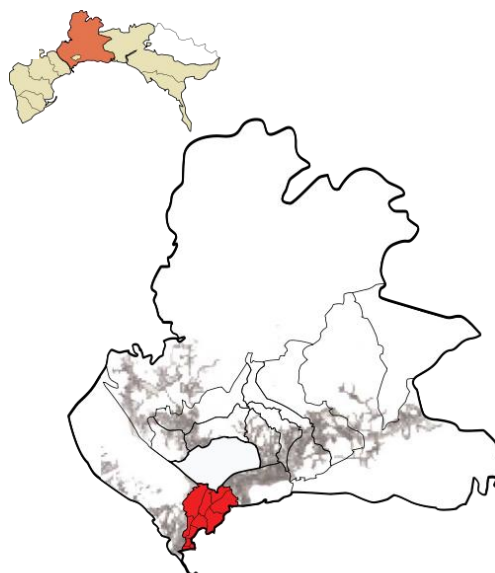
2.1.1 Ubicación geográfica



República de Panamá (a)



Provincia de Panamá (b)



Distrito y Ciudad de Panamá (c)

Figura 2.1. Ubicación geográfica de la Ciudad de Panamá.

Fuente: (a) Con base en Encarta, en Buchot (2010); (b) FB (2010) y (c) WP (2011).

La República de Panamá tiene una superficie de 75.990 km² y está conformada por 9 provincias y 5 comarcas indígenas. La República está ubicada al sureste de América Central y limita al norte con el Mar Caribe, al este con Colombia, al oeste con Costa Rica y al sur con el Océano Pacífico. En la provincia de Panamá se encuentra la capital del país la cual lleva el mismo nombre y es la ciudad que se estudiará en este trabajo.

La Ciudad de Panamá está ubicada en la entrada del canal en la costa del Pacífico a una latitud de 8° 54', una longitud de 79° 19' y a 0 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la provincia de Colón y la comarca Kuna Yala, al este con el distrito de Chepo, al oeste con el distrito de Arraiján y la provincia de Colón y al sur con el Océano Pacífico. (Ver fig. 2.1)

2.1.2 Análisis de características generales

2.1.2.1 Topografía

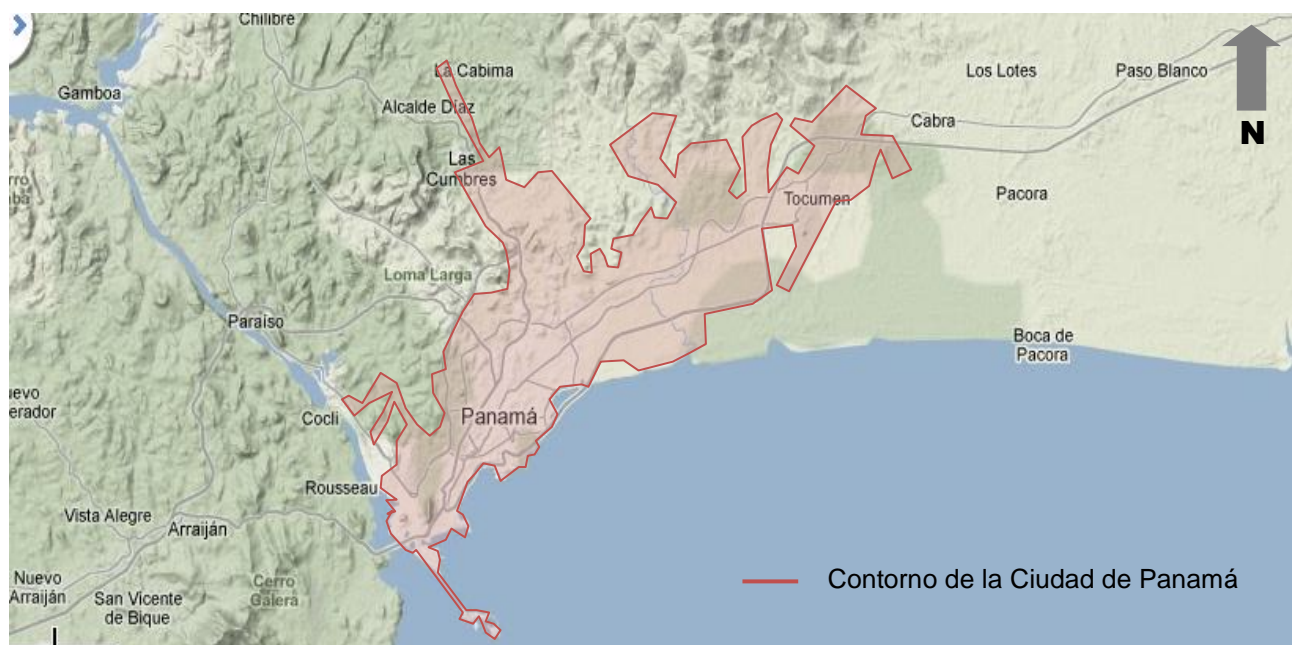


Figura 2.2. Mapa topográfico de la ciudad de Panamá.

Fuente: Imagen de GM (2009), modificada por el autor.

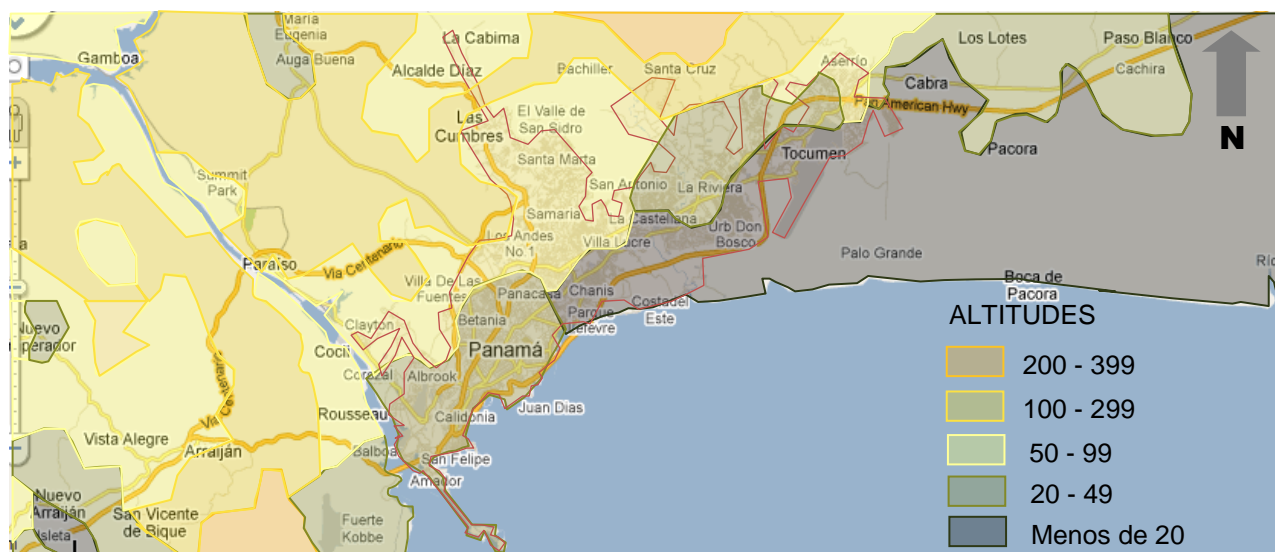


Figura 2.3. Mapa de altitudes de la Ciudad de Panamá.

Fuente: Imagen de GM (2009), modificada con base en MOP (2007a).

Según el mapa de altitudes, la Ciudad de Panamá se desarrolla entre el nivel del mar y los 299 metros sobre el mismo. La mayor parte de la ciudad se desarrolla entre menos de 20 metros sobre el nivel del mar y 49 metros sobre el mismo (ver fig. 2.3). Se puede comprobar que no hay gran variación de altitud y que la ciudad es bastante plana. Hacia el norte es cuando comienza aumentar la altitud y aparecen cerros y colinas, mientras que el área urbana que está en la costa del Océano Pacífico, tiene una altitud menor.

2.1.2.2 Edafología

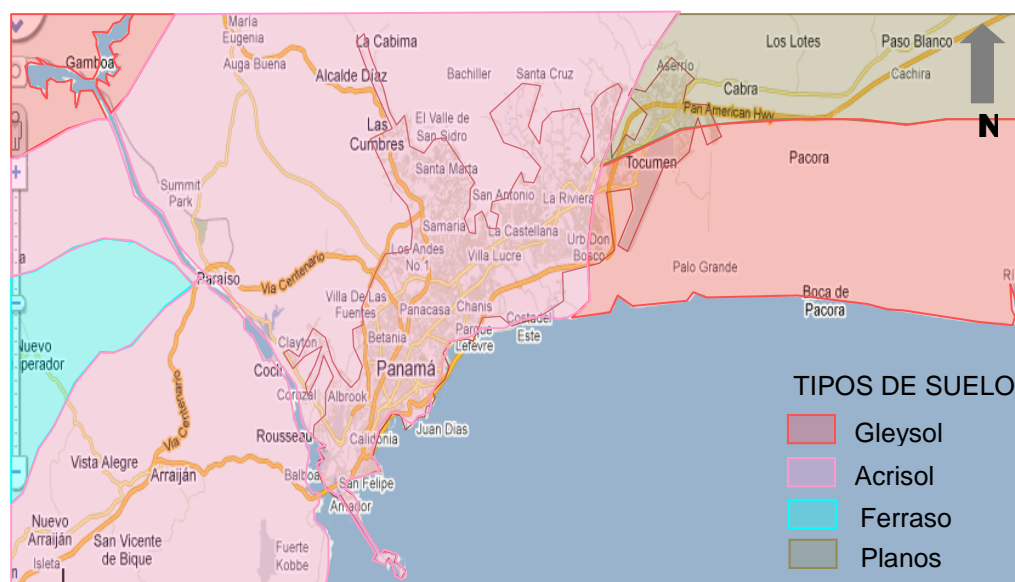


Figura 2.4. Mapa edafológico de la Ciudad de Panamá.

Fuente: Imagen de GM (2009), modificada con base en el mapa mundial de suelo de la FAO, en CIAT (1996).

Basándose en el mapa edafológico de Panamá¹ (ver fig. 2.4), se puede observar que la mayor parte de la ciudad tiene un suelo tipo acrisol, mientras que en menor cantidad posee suelos tipo gleysol y planosol. El acrisol es un suelo muy ácido que se desarrolla por alteraciones de rocas ácidas combinadas con arcillas alteradas. Este suelo, por no tener tantos nutrientes, se utiliza para el cultivo de subsistencia sobre todo con especies que toleren la acidez. Este tipo de suelo se presenta en áreas con una topografía de colinas, con un clima tropical húmedo, monzónico, subtropical o muy cálido (UNEX, 2010).

El gleysol es un suelo formado por sedimentos que se generaron en el Pleistoceno u Holoceno, de la humedad causada por el mar, ríos o lagos. Este tipo de suelo se encuentra en zonas bajas con mantos freáticos (UNEX, 2010).

¹ Se obtuvo del portal regional para Latinoamérica y el Caribe del *United Nation Environment Programme* (UNEP). Dicho mapa está basado en el mapa mundial de suelo de la *Food And Agriculture Organization Of The United Nations* (FAO) y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) publicado entre 1974 y 1978, pero el mapa de UNEP tiene ciertas modificaciones y actualizaciones.

El planosol es un suelo que se presenta en zonas llanas que pudieran inundarse por temporadas, está compuesto por depósitos aluviales o coluviales arcillosos. Se trata de un suelo pobre, por lo que no se utiliza para el cultivo (UNEX, 2010).

2.1.2.3 Geología



TIPOS DE ROCAS

	Formación Plutónica – Cuarzodioritas, granodioritas, dioritas y sienitas (Chagres).		Formación Volcánica – Andesitas, basaltos, brechas, tobas, bloques, sub – intrusivos, diques – swarns, sedimentos volcánicos. F. Tucué – Andesitas/ basaltos, lavas, brechas, tobas y plugs. F. Río culebra y F. Cañaza – Andesitas, basaltos v tobas.		Formación Sedimentaria – Aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales, manglares, conglomerados, lutita carbonosa, deposiciones tipo delta.
	Formación Sedimentaria – Esquistos arcillosos, lutitas, arenisca, toba, caliza.		Formación Volcánica – Andesitas, aglomerado, tobas de grano fino, conglomerado depositado por corrientes. (Fase Volcanica)		Formación Sedimentaria o fase marina – Arenisca tobácea, lutita tobácea, caliza algacea y foraminífera. (Fase Marina)
	Formación Sedimentaria – Aglomerado dacítico, conglomerado, arenisca calcárea y caliza fosilífera.		Formación Volcánica – Andesitas, tobas, arcillas bentoníticas, arenisca tobácea. F. Las Cascadas – Aglomerados, tobas de grano fino y andesitas.		
	Formación Sedimentaria – Esquistos arcillosos, lutitas, arenisca de cuarzo, caliza algácea y foraminífera.				

Figura 2.5. Mapa geológico de la Ciudad de Panamá.

Fuente: Imagen de GM (2009), modificada con base en MOP (2007b).

El tipo de suelo que prevalece en la Ciudad de Panamá es una combinación de una formación volcánica y una formación sedimentaria que corresponden respectivamente con la fase volcánica y la fase marina de Panamá (ver fig.2.5). La formación volcánica está compuesta por andesitas, aglomerado, tobas de grano fino y conglomerado depositado por corrientes; la formación sedimentaria está compuesta por arenisca tobácea, lutita tobácea, caliza algácea y foraminíferas.

El centro de la ciudad está compuesto por una formación sedimentaria diferente a la descrita anteriormente, ésta se encuentra compuesta por esquistos arcillosos, lutitas, arenisca, toba y caliza. Hacia el este de la ciudad, pegado al Océano Pacífico, hay una porción del suelo que está formada por aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales, manglares, conglomerados, lutita carbonosa y deposiciones tipo delta, los cuales conforman una formación sedimentaria.

2.1.2.4 Hidrografía

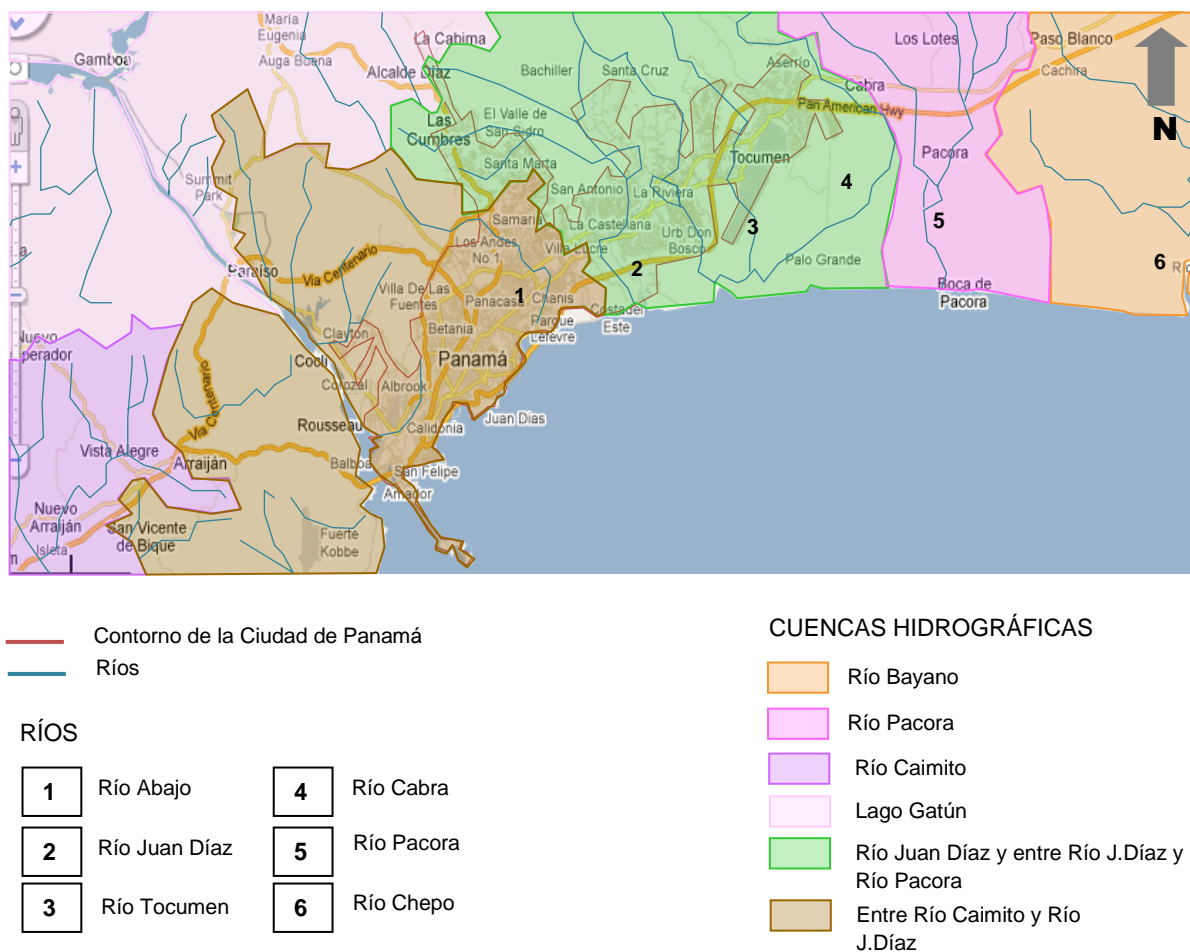


Figura 2.6. Mapa hidrográfico de la Ciudad de Panamá.

Fuente: Imagen de GM (2009), modificada con base en MOP (2007c).

La Ciudad de Panamá se desarrolla dentro de dos cuencas hidrográficas (ver fig. 2.6), la que se da entre el río Caimito y el río Juan Díaz y la cuenca del río Juan Díaz y la que se da entre el río Juan Díaz y el río Pacora.

En cuanto a los ríos que se presentan dentro de la ciudad se pueden mencionar río Abajo, río Juan Díaz y río Tocumen.

2.1.2.5 Vegetación

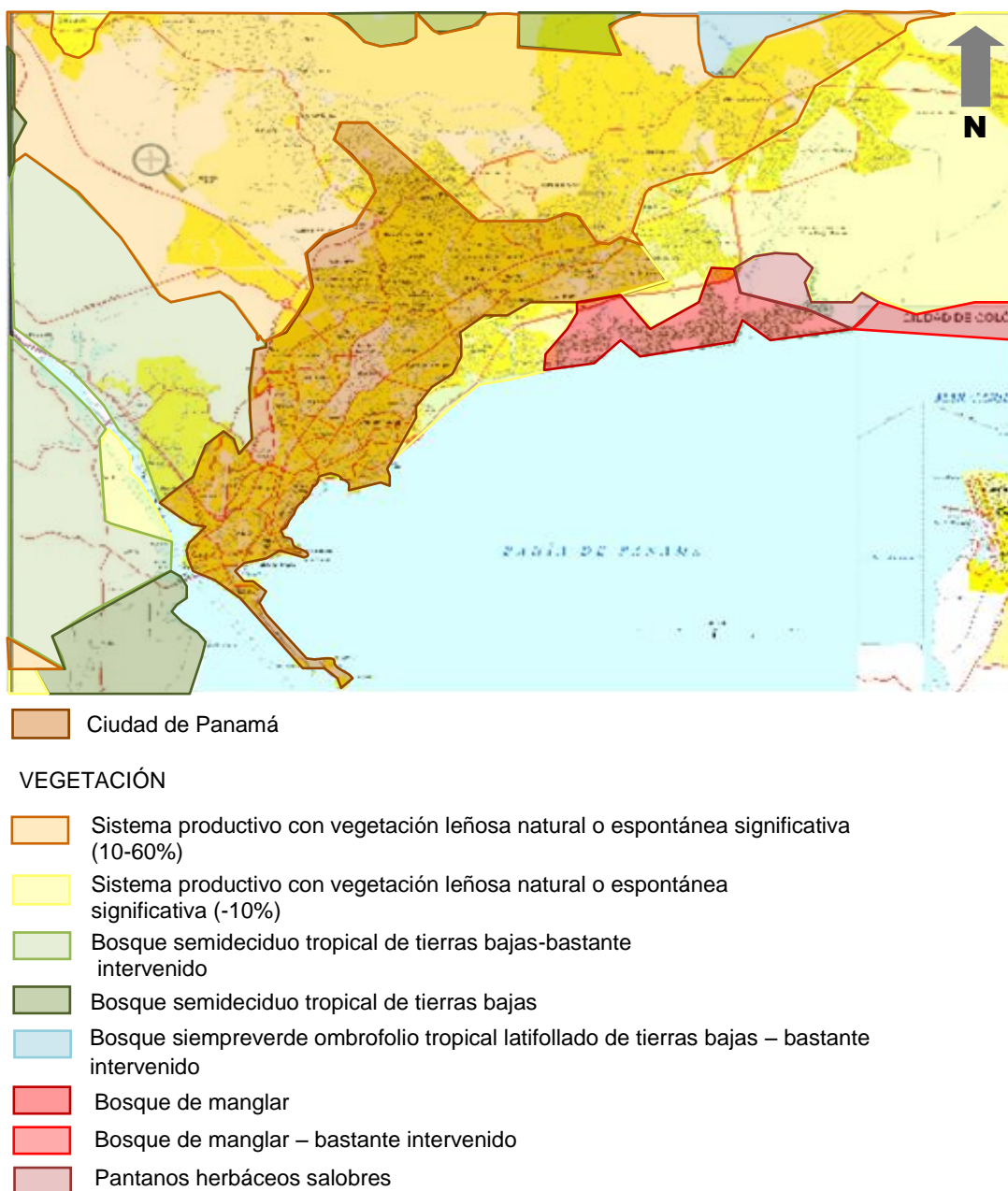


Figura 2.7. Mapa de vegetación de la Ciudad de Panamá.

Fuente: Imagen de GM (2009), modificada con base en MOP (2007d).

Según el mapa de vegetación del año 2000 (ver fig. 2.7), dentro de la Ciudad de Panamá no se presenta abundante vegetación mientras que a sus alrededores, sobre todo hacia el norte, se presenta un sistema productivo con vegetación leñosa, natural o espontánea, significativa que va de 10 a 60%; hacia el este y sur de la ciudad este porcentaje se reduce a 10%.

Hacia el oeste de la ciudad, donde se encuentra el canal, la vegetación es catalogada como bosque semideciduo de tierras bajas – bastante intervenido.

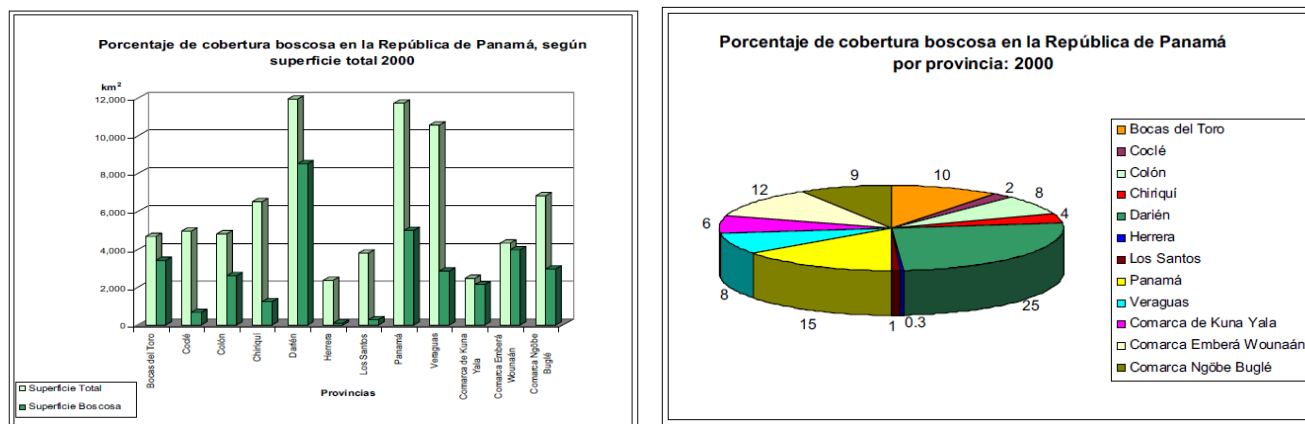


Figura 2.8. Porcentajes de cobertura boscosa de la República de Panamá.

Fuente: MOP (2007e).

En cuanto a la cobertura boscosa de la provincia de Panamá se puede decir que es de aproximadamente 5.000 km² lo que representa el 15 % de la cobertura boscosa total del país. Este dato la convierte en la segunda provincia con mayor cobertura boscosa (ver fig. 2.8).

2.2 Arquitectura y estructura urbana de la Ciudad de Panamá

2.2.1 Arquitectura vernácula

La cultura precolombina del istmo no ha sido fácil de interpretar, se han encontrado piezas de orfebrería, alfarería, talla de madera, etc. Estos restos arqueológicos han sido estudiados pero no se ha encontrado algún código o escritura que utilizaran los indígenas de esta época que ayude a tener una interpretación más precisa. Esta imprecisión en la interpretación de la cultura se hace sentir en todos los aspectos a pesar de los avances y estudios que se han realizado.

Según Castillero (2004), los motivos de esta situación pueden ser:

(a) que la función primordial del istmo fue siempre la de 'crisol de razas' y 'zona de tránsito' a través de la cual se desplazaron continuamente grupos humanos procedentes de regiones continentales - ¡como si un istmo fuera incapaz de sostener un patrón de desarrollo propio! – y (b) que la conquista y colonización españolas constituyeron una especie de 'borrón y cuenta nueva' gracias a la cual los autóctonos grupos precolombinos, o desaparecieron, o se asimilaron totalmente siendo reemplazados posteriormente por 'tribus' que, por proceder de regiones que actualmente se encuentran fuera de las fronteras de la República de Panamá, se consideran foráneas y, por tanto, desvinculadas de las tradiciones prehispánicas propias de culturas más 'desarrolladas' que aquéllas.

De igual forma se tiene poca información sobre la arquitectura panameña en la época prehispánica. «El problema es que este antiguo paisaje de cacicazgos y pueblos, conocido hoy por crónicas españolas, fue arrasado por completo durante el siglo XVI.»(Tejeira, 2007). Se piensa que en este periodo las casas eran ranchos dispersos con diferentes formas.



Figura 2.9. Viviendas indígenas Emberá.

Fuente: (a) Jaén (2006) y (b) Vega (2008).



Figura 2.10. Vivienda con planta circular en Darién (c).

Figura 2.11. Vivienda de planta cuadrada (d).

Fuente: (c) Camarena (2009) y (d) Vega (2008).

En sitios arqueológicos se encontraron horcones dispuestos en forma circular, esta forma de vivienda aún se encuentra en algunas regiones indígenas como la Emberá (ver fig. 2.9 y 2.10).

Entrado el siglo XX, las viviendas más comunes en Panamá eran de planta cuadrada con techo de pencas (ver fig. 2.11), pero no se sabe si éstas eran un legado prehispánico o si eran producto de tradiciones africanas que habían llegado al istmo por medio de los esclavos.

2.2.2 Arquitectura actual

2.2.2.1 Auge inmobiliario

A partir de la década del 2000, Panamá ha tenido un auge inmobiliario con especial énfasis en la construcción de edificios altos o rascacielos. Este auge es apoyado en su mayor parte por extranjeros debido a su deseo de tener una segunda residencia o una residencia de invierno donde estar tranquilos y además poder gozar de privilegios por un costo bajo. Esto aunado a otras razones de peso que se describirán a continuación es el motor del auge inmobiliario:

- **Los incentivos tributarios para los inversionistas extranjeros** y la exoneración de impuestos para importar enseres para el hogar y hasta vehículos cada dos años- son algunas de las medidas adoptadas por Panamá para atraer a empresarios, turistas y compradores de propiedades de todo el mundo.
- **La legislación especial para los pensionados** de diferentes países incluye: 50 por ciento de descuento en entretenimiento, 30 por ciento menos en hoteles y tiquetes de buses, barcos y trenes; 25 por ciento de descuento en tiquetes de avión y cuentas de servicios públicos, y 20 por ciento menos en las consultas médicas, entre otras.
- **El estatus que tiene el país de ¿paraíso? fiscal** por lo que 80 bancos del mundo tienen sede allí y 'albergan' capitales de empresas y personas naturales de diversos países.
- **Los instrumentos para establecer estructuras *off shore*** para protección de activos, organización familiar u organizar inversiones en el país de origen o en el extranjero.
- **El tránsito anual de 14.000 barcos** (equivalente a ingresos por peajes de 424 millones de dólares en el último año).
- **La construcción del tercer juego de esclusas del Canal**, que generará 40.000 empleos directos e indirectos entre el 2007 y el 2014.
- **La visita de cientos de miles de turistas** que van en busca de descanso a sus *resorts* o de compras a su zona libre de impuestos de Colón que reúne a 2.000 empresas y mueve 12.000 millones de dólares al año en importaciones y reexportaciones.
- **Condiciones como un costo de vida bajo**, un clima cálido, una zona exenta de huracanes, la cercanía a exclusivas playas e islas en el Pacífico y el Atlántico, y el haber sido seleccionado como el lugar número uno en el continente americano para el retiro por prestigiosas publicaciones, como la revistas *Modern Maturity* y *Conde Nast Traveler*, también cuentan en este fenómeno económico.

- **Igualmente se destacan las más altas certificaciones** en seguridad para los turistas por parte de *Pinkerton Intelligence Agency* y la AARP (Asociación Americana de Jubilados).
- **Las exenciones de impuestos** para las nuevas construcciones y los incentivos para empresarios que deseen emprender proyectos inmobiliarios.
- **Las facilidades de ingreso al país** y las múltiples opciones para nacionalizarse y poder realizar toda clase de negocios. (Sastoque, 2006)

Los retirados “*baby boomers*” de Estados Unidos (nacidos después de la segunda guerra mundial) y otros lugares, representan la mayoría de los inversionistas y compradores de proyectos en Panamá. También hay inversionistas de países que están atravesando por una situación económica o política difícil, que han decidido quedarse en Panamá porque lo ven como un lugar donde se pueden establecer y buscar oportunidades de inversión.

Si bien es cierto que han llegado muchos extranjeros a establecerse e invertir en el país, no se sabe si las expectativas del mercado inmobiliario se vayan a cumplir, ya que se está construyendo gran cantidad de proyectos que esperan ser ocupados pero no se sabe a ciencia cierta cuantos extranjeros se van a establecer en la región. Si la cantidad de proyectos supera a la cantidad de compradores las consecuencias serian devastadoras ya que muchos proyectos quedarían deshabitados causando una gran pérdida de dinero.

Por otra parte, se está dando el fenómeno de los especuladores, personas que se dedican a comprar departamentos en preventa para, cuando estén contruidos, poder venderlos por una cantidad mayor al costo inicial. Los especuladores tienen como comprador ideal a los extranjeros, ya que la mayoría están dispuestos a pagar los precios que les piden porque aún así, los departamentos siguen siendo más económicos que en otros lugares.

Esto provoca que los precios de los departamentos vayan en aumento y sean menos accesibles, sobre todo para los panameños. Hay muchos panameños jóvenes que desean adquirir su propia vivienda pero el aumento en los precios de

venta dificulta cumplir ese deseo, ya que por el precio que pagabas por un apartamento de 200 m² ahora estas comprando uno de 100 m².

A lo largo de este auge inmobiliario ha habido altas y bajas en el proceso de inversión, construcción y venta pero el auge se mantiene. Por ejemplo, en enero de 2010, según la contraloría, los permisos de construcción cayeron un 9.4%, pero se espera que para el último trimestre del año se reactive la industria de la construcción pues se espera que, para este periodo, se inicien una serie de obras de infraestructura como la construcción del metro, la ampliación de la cinta costera, la construcción del tercer juego de esclusas del canal, el saneamiento de la bahía y la terminación de la autopista Madden–Cuatro Altos, en Colón. (La Estrella, 2010, citada en RS, 2010)

A pesar de esta caída en los permisos de construcción, actualmente en toda la Republica se, «acabó la construcción de 350 proyectos de los cuales el 80% proviene de la empresa privada, y el 20% restante son financiados por el Estado». (La Estrella, 2010, citada en RS, 2010)

2.2.2.2 Edificios altos

Los proyectos que más sobresalen en la Ciudad de Panamá, son los edificios altos que, en su gran mayoría, son de uso habitacional, mientras que los otros se utilizan para oficinas, hoteles, etc.

La construcción de edificios altos no comenzó en el 2000, sino desde mucho antes. A continuación, se describirá cuándo aparecieron los rascacielos en Panamá.



Figura 2.12. Edificio Hatillo.

Fuente: Tasón (2007).



Figura 2.13. Hotel Plaza Paitilla Inn.

Fuente: WSH (2010).

En los años 70, se comenzaron a construir edificios altos como el **Hatillo** (ver fig.2.12). Éste inmueble fue remodelado en el 2008 y, actualmente, en él se encuentran las oficinas de ingeniería municipal.

En este periodo también se construyeron edificios como el **Tower Bank of Boston**, que se encuentra ubicado en Vía España, el **Hotel Plaza Paitilla Inn** (antiguo **Holiday Inn**) (ver fig. 2.13), que se encuentra ubicado en Punta Paitilla, el **edificio de la Lotería** y la **Torre BBVA**, entre otros.



Figura 2.14. Platinum Tower.

Fuente: SCC (2005a).



Figura 2.15. Torres Miramar.

Fuente: SCC (2008).

Durante la década de los 90 el cambio fue drástico, los edificios eran más modernos y más altos. Algunos edificios construidos en este periodo son: **Platinum Tower** (ver fig. 2.14), el cual cuenta con 47 pisos y está ubicado en Punta Paitilla; las **Torres Miramar** (ver fig. 2.15), que cuentan con 55 pisos y están localizadas en Avenida Balboa; y la **Torre Mirage**, que tiene 48 pisos y está ubicada en Punta Paitilla, entre otros.

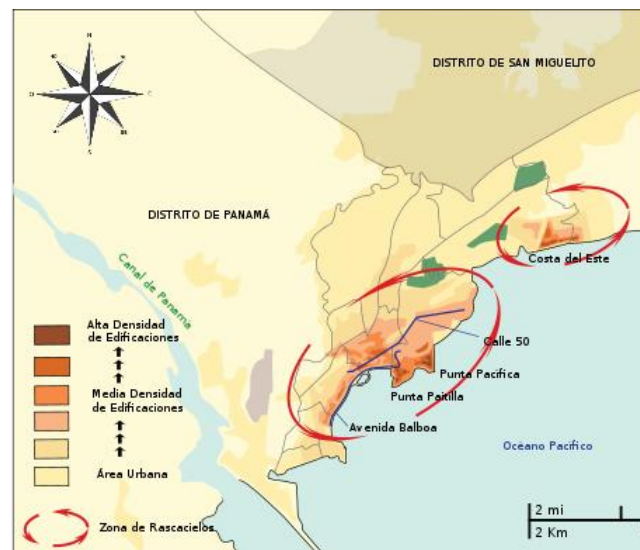


Figura 2.16. Ubicación de las nuevas edificaciones.

Fuente: WP (2009).



Figura 2.17. Vista de Punta Paitilla (a).



Figura 2.18. Vista de Costa del Este (b).

Fuentes: (a y b) Fotos tomadas por el autor (2010).



Figura 2.19. Vistas de Punta Pacífica.

Fuentes:(c) SCC (2009a) y (d) SCC (2006).

En la década del 2000, la mayoría de los nuevos edificios altos se ubicaron en Avenida Balboa, Punta Paitilla, Costa del Este, Calle 50 y Punta Pacífica (ver fig. 2.16 a 2.19). También hay edificios altos en Loma La Pava, Bella Vista y El Cangrejo, entre otros.



Figura 2.20. Vista del Global Bank.

Fuente: Sapozhnikgy (2010).



Figura 2.21. Vista Aqualina Tower.

Fuente: SCC (2010).

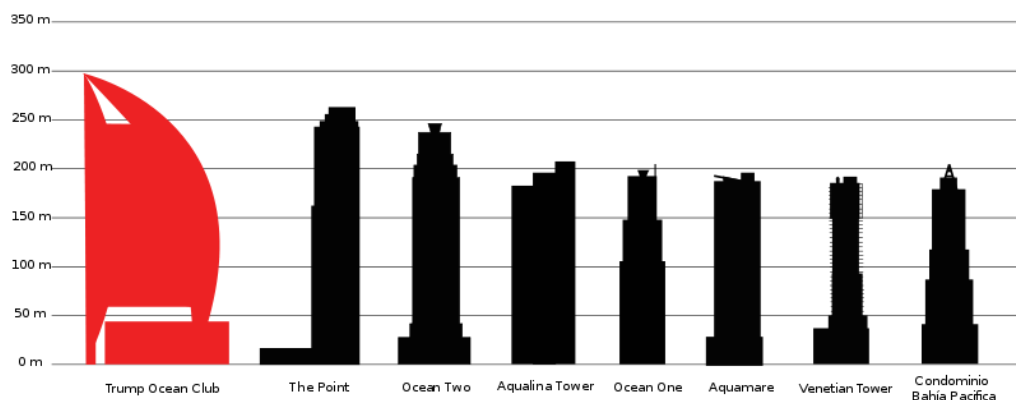


Figura 2.22. Escala de alturas de edificios construidos o en construcción en la Ciudad de Panamá.

Fuente: WP (2009).

En esta década se destacan proyectos como: la **Torre Global Bank** (ver fig. 2.20), que tiene 45 pisos de altura y se ubica en Calle 50; en Punta Pacífica se encuentran el **Condominio Bahía Pacífica**, que cuenta con 48 pisos y **Aqualina Tower** (ver fig. 2.21), que cuenta con 63 pisos. Otros proyectos que se destacan en este periodo y se encuentran en construcción son **Los Faros de Panamá**, que contará con 83 pisos y el **Trump Ocean Club**, que tendrá 70 pisos (ver fig. 2.22).

En la figura 2.22 se muestra una escala de alturas donde se presentan algunos de los edificios mencionados anteriormente, la gráfica nos puede dar una idea clara de la magnitud de estos proyectos.

2.2.2.3 Materiales



Figura 2.23. Edificio Ocean One.

Fuente: por el autor (2010).



Figura 2.24. Edificios en construcción en Costa del Este.

Fuente: por el autor (2010).

Los materiales que normalmente se utilizan en estos edificios son cemento, acero, vidrio y bloques huecos de concreto o de arcilla. En la figura 2.23, se puede apreciar el edificio **Ocean One**, ubicado en Costa del Este, que tiene su fachada sur completamente de vidrio, mientras que su fachada oeste es de bloques de concreto. En la figura 2.24, se muestra un edificio en Costa del Este, en obra gris, que permite observar los materiales que usualmente se utilizan para la construcción de estas torres.

2.2.3 Estructura urbana

Los primeros asentamientos en la República de Panamá se dieron en zonas de fácil acceso, como costas y vías fluviales, debido a que no existía ninguna razón por la cual los asentamientos se dieran en otra parte, el istmo² tan sólo era visto como la unión entre el norte y el sur del continente americano. Con la llegada de los españoles, el istmo pasó de ser visto como una simple unión entre dos masas continentales, a ser visto como un sitio de tránsito, ya que es el punto más estrecho que separa el Océano Atlántico del Pacífico. Esta función de tránsito fue

² Cuando se menciona la palabra istmo se refiere a la República de Panamá.

la principal actividad del istmo y los asentamientos poblacionales se dieron en base a esta actividad.



Figura 2.25. Ubicación de Panamá Viejo y del Casco Viejo.

Fuente: Imagen de GE (2009), modificada por el autor.

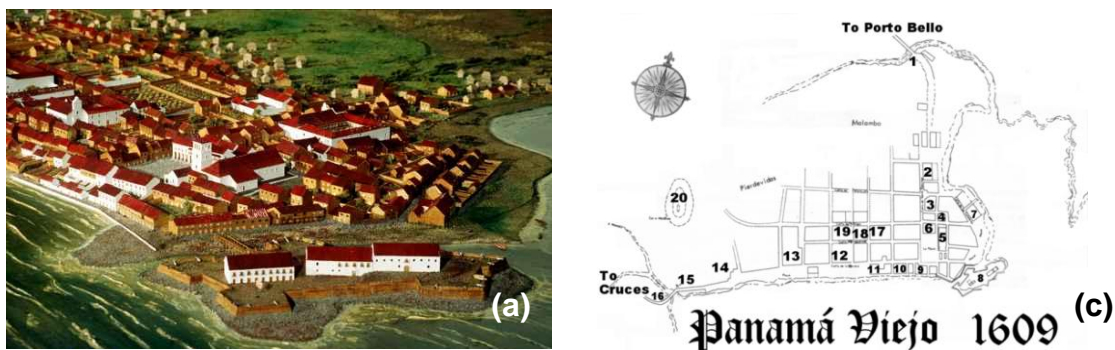


Figura 2.26. Mapa urbano y vista de Panamá Viejo.

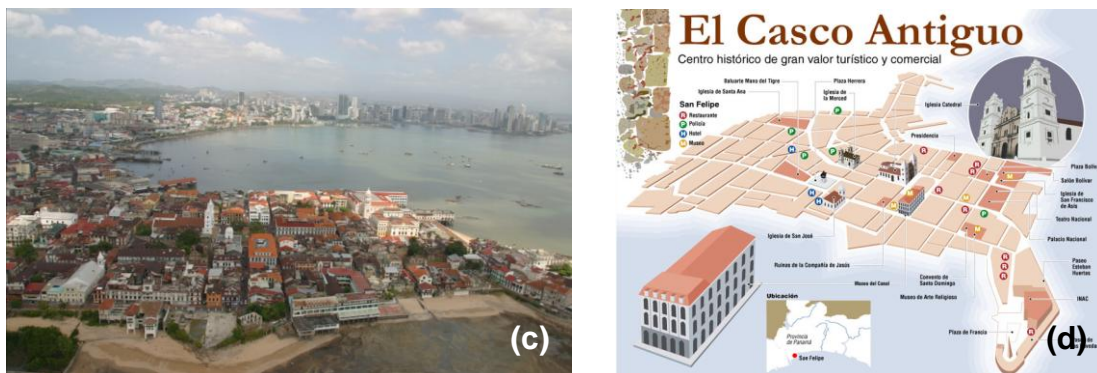


Figura 2.27. Mapa urbano y vista del Casco Antiguo.

Fuente: (a) Ruiz (2002); (b) con base en el ingeniero Roda, en Ruiz (2002); (c) SCC (2005b); (d) cortesía de IPAT, en HCV (2010).

La primera ciudad de Panamá, llamada actualmente Panamá Viejo (ver fig. 2.25), tuvo su origen en el año 1519 y se asentó en una zona que se encontraba limitada por el mar y un área pantanosa (ver fig. 2.26). La ciudad no duró mucho en este lugar porque fue destruida por los piratas y, por tal razón, se tuvo que reubicar. En 1673, se construye la nueva capital (Casco Antiguo), en una península a 2 km al suroeste de la antigua ciudad (ver fig. 2.25), el nuevo asentamiento fue amurallado y rodeado por baluartes para protegerlo de los ataques (ver fig. 2.27). Este amurallamiento, junto con la ubicación geográfica y la función del tránsito del istmo, provocó que la ciudad fuera muy estrecha y pequeña lo que dio lugar a la especulación en el precio de la tierra (Uribe, 2007 en Tejeira, 2007).

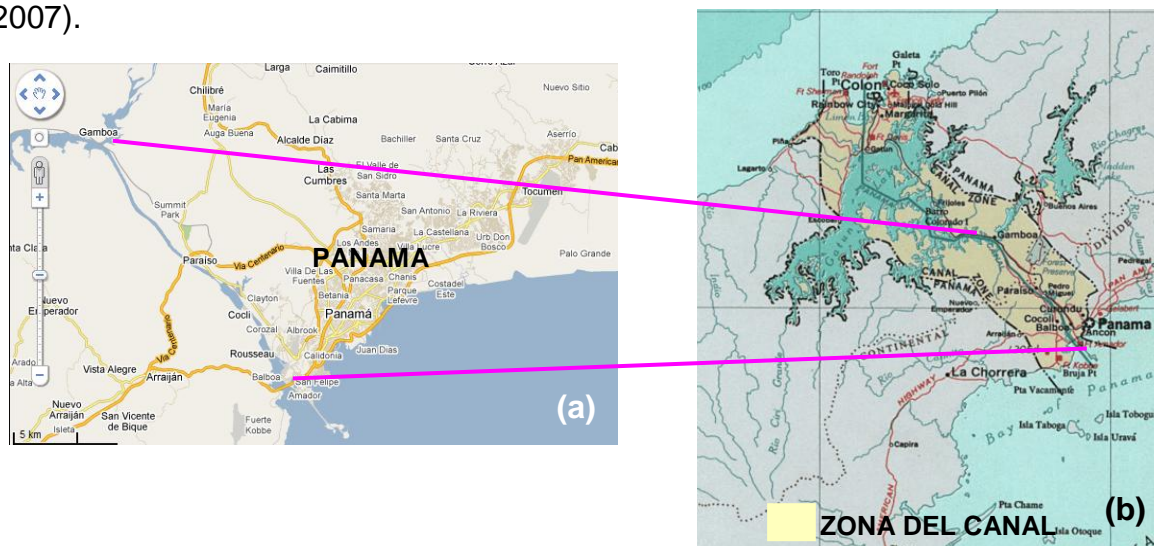


Figura 2.28. Ubicación de la zona del canal y el desarrollo de la Ciudad de Panamá.

Fuente: (a) Imagen de GM (2009), modificada por el autor; (b) WP (2005).

Con la construcción del Canal apareció la “zona del canal” que durante 75 años limitó el crecimiento de la ciudad (ver fig. 2.28). Ésta se encontraba aislada y controlada por los norteamericanos así que la acondicionaron y urbanizaron según sus condiciones por lo tanto era como tener un país dentro de otro.

Para crear la zona del canal se necesitaban tierras, se tuvo que expropiar e indemnizar a los dueños de las tierras que se utilizarían para la construcción de la zona lo que provocó que surgieran métodos para tasar y evaluar tierras. Al conceder estas tierras para la construcción de la zona del canal se redujo el área

disponible para el crecimiento de la ciudad; por lo tanto, al aumentar la población fuera de la zona del canal, aumentó la necesidad de tierras para urbanizar. Este hecho, junto a los métodos para tasar y evaluar terrenos, incrementó el valor de las tierras.

Por tal razón, los barrios que se crearon en los primeros años de la república se establecieron en la periferia de la ciudad hacia el norte y el oeste; en su mayoría estaban constituidos por cuartos de alquiler que eran ocupados por trabajadores inmigrantes. El departamento público, nunca dirigió un proceso de desarrollo urbano, por este motivo el desarrollo de la ciudad se limitó a responder a la función de tránsito y comercio que tenía la región (Uribe, 2007 en Tejeira, 2007).

Panamá, fue creciendo durante un siglo a la sombra de la zona del canal y se fue extendiendo a lo largo de 3 vías principales que son los parámetros que determinaron la planificación urbana de esta región. La primera vía, es la unión de la Avenida Central, Vía España, Avenida José Arango, Avenida José M. Torrijos y la ruta vieja a Chepo; la segunda, es la Vía Transístmica (1943); y la tercera, es la Vía Tocumen (1948). A estas vías se han articulado otras avenidas o calles que han funcionado como acceso a urbanizaciones (Uribe, 2007 en Tejeira, 2007).

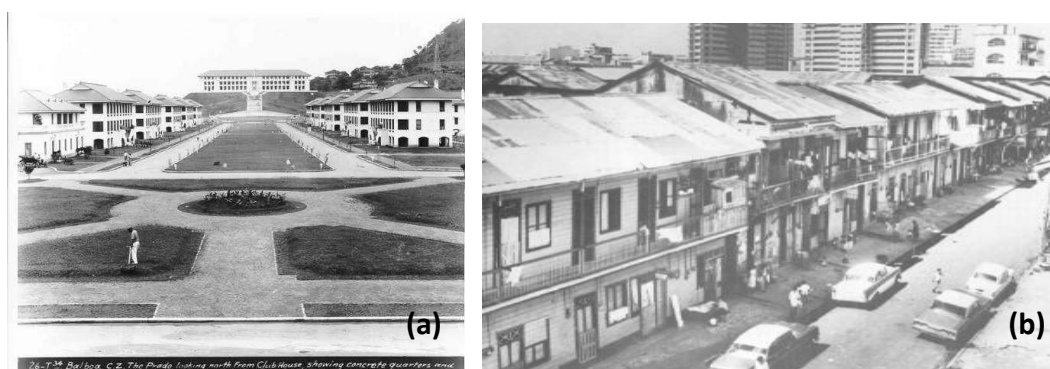


Figura 2.29. Paseo del Prado en la zona del canal y casas de inquilinato en la Ciudad de Panamá.

Fuente: (a) Duvall (s.f.); (b) (Gutierrez (1999).

El urbanismo de la Ciudad de Panamá, comparado con el de la zona del canal fue muy diferente, dicha zona era una isla dentro de la ciudad (ver fig. 2.29). La Ciudad de Panamá, como se ha mencionado, se desarrolló en base a su función de tránsito así que la construcción de casas con cuartos para alquiler, inquilinatos

o casas de vecindad fueron las edificaciones predominantes, en su mayoría eran de madera y con sanitarios comunes. En los años 70, se congelaron los alquileres de estas casas a menos de 250 dólares mensuales lo que provocó que se redujera abruptamente la construcción de casas de alquiler, entonces se da la oportunidad de tener una vivienda propia por medio de hipotecas (Uribe, 2007 en Tejeira, 2007).

Este hecho cambió notablemente el aspecto de la ciudad, las casas con cuartos de madera fueron remplazadas por edificios de apartamentos de interés social. En el área de la zona bancaria se ubicaron los edificios de apartamentos de nivel medio a alto, los cuales cada vez eran más elevados debido al aumento de precio del suelo y las normativas de uso de la zona. En este periodo, también aparecen las urbanizaciones y las casas brujas, que se van asentando cerca a las vías principales hacia el norte y el este de la ciudad.

Las urbanizaciones son agrupaciones formales de casas en serie y se encuentran a las afueras de la ciudad; por tal razón, también se les conoce como barriadas dormitorios. Estas agrupaciones de casas se articulan por medio de un sistema de calles que convergen en una vía principal, el acceso a la urbanización. En cuanto a las casas brujas, se describen como viviendas informales que normalmente aparecen en propiedades públicas con difícil acceso. La mayor parte de la expansión de la mancha urbana de la Ciudad de Panamá se debe a las urbanizaciones y las casas brujas (Uribe, 2007 en Tejeira, 2007).

2.2.3.1 Estructura urbana actual

En la actualidad, la ciudad ha crecido abruptamente, sobre todo se ha incrementado la construcción de edificios. Este incremento se dio gracias a los cambios que se realizaron a nivel de leyes, zonificaciones, clasificaciones y densidades, que se describen a continuación.



Figura 2.30. Vista de Atlapa, pertenece al corregimiento de San Francisco.

Fuente: SCC (2005b).

En el 2004, el Ministerio de Vivienda (MIVI) realizó ajustes en la zonificación del suelo y clasificó como lugares aptos para construir edificios de altura a San Francisco, Punta Paitilla, Calle 50, Avenida Balboa, Costa del Este y Punta Pacífica, estas dos últimas son zonas nuevas (ver fig. 2.30).

La ley 78 de 1941, decía que la altura de las edificaciones estaba determinada por el ancho de las vías, pero fue reemplazada por la ley 49 del 2004, que dice que la altura del edificio está determinada por la densidad de población que tenga el terreno (Chi,2005). Pero éstos no fueron los únicos cambios, también se hicieron modificaciones en las densidades, lo que provocó que zonas que tenían densidades medias ahora tengan densidades altas que pueden llegar a 1.500 personas por hectárea (MIVI, 2004).

Todos estos cambios provocaron que en las zonas donde no se permitían edificaciones de más de dos pisos, ahora albergan edificaciones con más de 20 niveles. Por lo tanto las edificaciones construidas bajo las primeras leyes, zonificaciones, clasificaciones y densidades, contrastan abruptamente con las edificaciones basadas en el nuevo reglamento.

Este contraste de alturas y densidades trae una serie de consecuencias a nivel urbano como son: tranques vehiculares debido a que las avenidas y calles no tienen la capacidad de absorber el tránsito generado por el aumento de la densidad de habitantes; los servicios no tienen la capacidad para abastecer al

elevado número de personas que viven en estas torres, por lo tanto estos servicios se pueden llegar a colapsar; las áreas verdes desaparecen, ya que todo terreno libre que no sea parque público es vendido para la construcción; los parques públicos no son suficientes por el aumento de usuarios; los edificios altos pueden privar de iluminación y ventilación a las edificaciones más pequeñas; etc.

Acerca de la infraestructura y el aumento de la densidad, Ardito (2007) comenta lo siguiente:

El tema más urgente es la falta de infraestructura ante la creciente densidad de construcción. Es evidente en barrios como Punta Paitilla, San Francisco, El Cangrejo y Obarrio. Paitilla tiene más de 40 lotes vacíos zonificados para alta densidad y no hay espacio para mayor vialidad, estacionamientos, sistemas de aguas servidas, espacios abiertos y verdes. Las calles estrechas de Obarrio y San Francisco no resisten la mayor densidad de edificios grandes en marcha ni cuentan con alcantarillas adecuadas para aguas pluviales y servidas. La infraestructura de El Cangrejo fue hecha para una densidad de 15 mil habitantes, pero el barrio con las nuevas zonificaciones ya va hacia una densidad de 35 mil, sin infraestructura adicional. Los espacios entre edificios, inicialmente zonificados en Punta Pacífica, han sido eliminados, creando literalmente una pared de concreto entre el área y el mar. Si bien la arquitectura moderna de los edificios es generalmente buena, el apiñamiento desluce su valor estético y funcional. Así hay más situaciones”



Figura 2.31. Vista de Costa del Este.

Fuente: SCC (2009b).

Costa del Este y Punta Pacífica son áreas totalmente nuevas, a diferencia de zonas como el Cangrejo y San Francisco, que deberían funcionar mejor urbanísticamente ya que han sido planificadas desde cero basándose en la nueva

densidad, zonificación y clasificación. Costa del Este (ver fig. 2.31), cuenta con amplias avenidas con vegetación, áreas comunes, servicios etc. y se ha desarrollado urbanísticamente bastante bien. Sobre Costa del Este se comentó lo siguiente: «una urbanización privada como Costa del Este mantiene una zonificación adecuada cónsona con la infraestructura que protege áreas verdes, espacios abiertos y la densidad concebida originalmente ¡Qué diferencia!». Ardito (2007) .



Figura 2.32. Vista de Punta Pacífica.

Fuente: SCC (2009a).

Punta Pacífica que, a pesar de ser una zona totalmente nueva, no ha sido bien planificada. Esta zona tiene edificios enormes y están pegados uno al otro (ver fig. 2.32); por otra parte, a pesar que cuenta con avenidas amplias no tienen capacidad para la cantidad de personas que viven en este sitio. En cuanto a áreas verdes, estas fueron contempladas en la planificación de la zona, pero no son las más adecuadas, los camellones y las áreas verdes de las aceras, no son lo suficientemente grandes y por lo que respecta a áreas de esparcimiento, las hay pero son parques privados, «[...] Punta Pacífica parece un gueto de lujo, sin un solo parquecito público.» (Alfaro, 2009)

Para concluir con la situación urbana de Panamá, se transcribe un texto de Gutiérrez (2002) sobre un artículo del Arq. Pacheco, que hace mención de la

situación que, a nivel urbano, vivía la capital en 2002, situación que, sin duda, se ha amplificado en la actualidad.

Pacheco se queja de que hoy día se construyen urbanizaciones, se instalan cables y se siembran arboledas sin el menor reparo, sin cumplir con las normas de ornato. Por otro lado, se eliminan los árboles y las franjas verdes entre las avenidas y fachadas de edificios. "Aparecen centenares de postes eléctricos con sus redes de alambres, destruyendo el paisaje de la ciudad y agravando la contaminación visual". Concluye que el problema urbanístico es un mal de ayer que se ha extendido hoy. Y que es hora de aplicar un plano regulador de la ciudad que establezca claramente los reglamentos necesarios para un balanceado y sistemático desarrollo urbano.



Figura 2.33. Vista de Calle 50.

Fuente: RPC (2010).



Figura 2.34. Vista de la Cinta Costera.

Fuente: TA (2009).

Calle 50 (ver fig. 2.33), es un ejemplo claro de lo descrito por el Arq. Pacheco en cuanto al desastre urbanístico, las áreas verdes fueron eliminadas y los postes de luz son el atractivo principal, mientras que la Cinta Costera (ver fig 2.34), es un ejemplo de que aún se pueden hacer las cosas bien.

Estos son algunos de los casos y situaciones que se presentan actualmente en la Ciudad de Panamá, pero este caos urbanístico no viene de ahora sino de hace mucho tiempo. En el siguiente artículo se mencionan algunas de las causas del caos urbano:

El 25 de octubre de 1948, en la Universidad de Panamá, el arquitecto Bermúdez, expuso los aspectos más agudos de los problemas urbanos de la ciudad de Panamá como:

- 1) La falta de relación entre las áreas industriales y residenciales, con su secuela de dificultades de transporte y condiciones antihigiénicas de la fábrica sobre el vecindario.
- 2) La falta de orientación apropiada y diseño de las viviendas, su excesiva densidad y la ausencia de espacios para el recreo comunal.
- 3) La falta de orden en el perímetro urbano de la ciudad, la indiscriminada conglomeración de la industria y del comercio, y los problemas de tránsito que esta confusión ocasiona.

Bermúdez escribió en ese entonces lo siguiente: “el mejor de los esbozos urbanísticos para el futuro desarrollo de nuestra metrópoli no pasará de ser más que un patético manojito de papeles, si escasea la voluntad creadora para cristalizarlo.” (Gutierrez, 2002)

Todo este caos urbanístico, que viene desde hace mucho tiempo, ha recibido recomendaciones para tratar de darle solución, pero muchas de estas recomendaciones no son escuchadas y mucho menos ejecutadas.

El Arq. Gaspar Pacheco, realizó recomendaciones urbanísticas para la Ciudad de Panamá al ex presidente Chiari, hace aproximadamente 41 años, de las cuales algunas fueron acogidas hace algunos años por la ex alcaldesa capitalina Mayín Correa y el ex alcalde Juan Carlos Navarro. Algunas sugerencias hechas por el Arq. Pacheco fueron: «Recomendó continuar las aceras de la ciudad. Exigir arboledas entre avenidas y edificios, e instalar estacionamientos en la parte posterior de estas. Explicó que las calles deben tener un tipo de plantas ornamentales y las avenidas otras». (Gutierrez, 2002)

2.3 Espacios exteriores en la Ciudad de Panamá

2.3.1 Situación actual en la Ciudad de Panamá

Los espacios exteriores de la Ciudad de Panamá como calles, aceras, áreas verdes, camellones y parques, están reglamentados por el Ministerio de Vivienda pero muchas veces en los proyectos se reducen las dimensiones de estos

espacios sin importar lo que diga el reglamento. Tratando específicamente de las áreas verdes peatonales, camellones y parques se puede decir lo siguiente:

Las áreas verdes que están al lado de las aceras peatonales muchas veces son reducidas o eliminadas en los proyectos.



Figura 2.35. Vista de Isleta en 12 Octubre.

Fuente: Por el autor (2009).

En cuanto a los camellones o isletas, se encuentran presentes en ciertas avenidas de la ciudad, como lo era la antigua Avenida Balboa, la Vía Israel, el Causeway, la 12 de Octubre, así como ciertas zonas de Albrook, Costa del Este y Punta Pacífica (ver fig. 2.35).

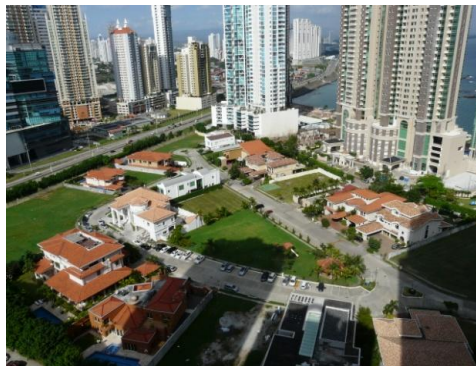


Figura 2.36. Vista del área de juego del residencial en Punta Pacífica.

Fuente: Por autor (2009).

Refiriéndonos a los parques, en su mayoría son el resultado del espacio residual de las construcciones ya que pocas veces es planificado. De ser planificados estos espacios exteriores, normalmente son de propiedad privada debido a que son parte del área de juegos y/o área social de un residencial (ver fig. 2.36)



Figura 2.37. Vista del Parque en Punta Paitilla.



Figura 2.38. Vista del Parque Urracá.



Figura 2.39. Vista del Parque Omar.



Figura 2.40. Vista de la Cinta Costera.

Fuente: (a) Por autor (2009); (b) SCC (2009c); (c) PG (2006); (d) GL (2009).

A pesar de que la ciudad está creciendo y hay una gran demanda de áreas verdes y parque públicos donde las personas puedan realizar actividades al aire libre, no se están dando soluciones a esta demanda. Los únicos parques que están disponibles para el uso público son los mismos que han existido desde hace mucho tiempo (ver figs. 2.37 a 2.39). Obviamente, estos parques ya no tienen la capacidad para recibir tantas personas o se encuentran muy deteriorados. Son pocos los proyectos de parques y áreas verdes públicas que han sido contemplados en el desarrollo de la ciudad.

Entre los proyecto nuevos de mayor envergadura que se han realizado, destaca el de la Cinta Costera, proyecto que consistió en ampliar la antigua Avenida Balboa y crear espacios públicos con áreas verdes donde las personas pueden realizar actividades al aire libre (ver fig. 2.40).

2.3.2 Situación actual en áreas residenciales



Figura 2.41. Vista de edificios en San Francisco que colindan con las casas.

Fuente: Por autor (2009).

El auge en la construcción, los cambios de zonificaciones y densidades, que ya fueron descritos en el apartado anterior, provocaron que áreas residenciales como San Francisco y El Carmen, que eran zonas donde predominaban casas de dos niveles, ahora se hayan convertido en una zona de grandes edificios (ver fig. 2.41).

Esta situación ha traído un sin número de consecuencias, tanto nivel urbano como a nivel social. A continuación, se describirán las consecuencias a nivel urbano relacionadas con los espacios exteriores en zonas residenciales:



Figura 2.42. Vista de camión estacionado

Fuente: Por autor (2010).



Figura 2.43. Autos estacionados en área peatonal.

Fuente: Por autor (2010).

Calles y estacionamientos: Las calles en estas zonas residenciales estaban diseñadas para una densidad de población de media a baja; entonces, al aumentar la densidad, las calles se vieron saturadas provocando un caos vehicular. Existe una gran demanda de estacionamientos a pesar que en los edificios se asignan espacios para los dueños y para las visitas por lo tanto las áreas peatonales y cualquier espacio en la calle terminan funcionando como estacionamientos (ver figs. 2.42 y 2.43).

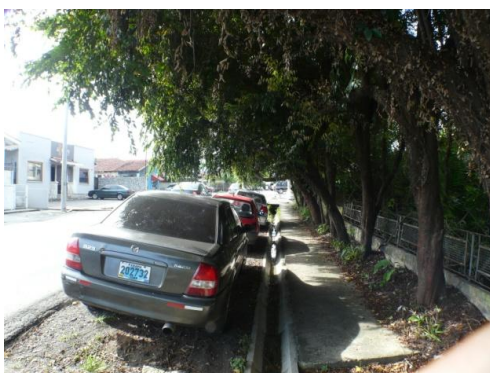


Figura 2.44. Aceras y áreas verdes estrechas.

Fuente: Por autor (2010).



Figura 2.45. No hay área peatonal.

Fuente: Por autor (2010).

Aceras y áreas verdes: Los espacios peatonales casi siempre han sido reducidos e incómodos o inexistentes, pero con la aparición de estas torres de edificios la situación ha empeorado. Los inversionistas, con el deseo de aprovechar al máximo cada metro cuadrado de su terreno, han reducido estos espacios e incluso, en algunos casos, los han eliminado (ver fig. 2.44 y 2.45).

Esta reducción del espacio peatonal, unido al aumento de densidad poblacional en la zona, provoca una demanda urgente de espacios peatonales ya que es muy común observar a las personas caminando a todo sol al borde de la calle.

Parques: Los parques públicos son los mismos que han existido desde hace mucho tiempo. No se han podido planear parques nuevos para el esparcimiento de las personas que habitan la zona porque no hay terrenos disponibles para este uso.

En estas zonas existe una gran demanda por parques públicos lo que provoca que las personas tengan que moverse en auto a otros parques para poder realizar sus

actividades al aire libre. Era lógico pensar, al aumentar la densidad de población en estas zonas, que la infraestructura se iba a quedar corta ya que estaba pensada para una densidad poblacional menor.



Figura 2.46. Vista de aceras y áreas verdes

Fuente: Por autor (2010)



Figura 2.47. Vista de una isleta en Costa del Este.

Fuente: Por autor (2010)

La zona de Costa del Este es uno de los nuevos desarrollos en donde se ha tenido mayor conciencia en cuanto a los espacios exteriores, las calles son más amplias y las avenidas tienen camellones y las aceras para peatones cuentan con su correspondiente área verde (ver figs. 2.46 y 2.47).

Refiriéndonos a la zona de Punta Pacífica, es un desarrollo que tiene conciencia en cuanto a los espacios exteriores aunque no están tan bien planificados como los de Costa del Este. En esta zona se pueden ver camellones en la avenida principal, así como aceras con sus respectivas áreas verdes en todas sus calles. La mayor desventaja que tiene Punta Pacífica es que sus calles son muy estrechas para el tamaño de los edificios y la cantidad de personas que viven en la zona. De igual forma, las áreas peatonales no son lo suficientemente amplias para la cantidad de personas que la habitan el área.

En conclusión, a los espacios exteriores en la Ciudad de Panamá, sobre todo los peatonales, no se les ha dado la importancia que merecen, por tal razón se desencadenan todos problemas descritos en este apartado.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS CLIMÁTICO

3 ANÁLISIS CLIMÁTICO

3.1 Análisis de datos climatológicos y gráficas climatológicas

El análisis climático es el análisis de la información climatológica obtenida de una institución o una estación climatológica. En el caso de la Ciudad de Panamá dicha información es recopilada por la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA) y fue la que se utilizó para el análisis que se presenta en este capítulo.

La metodología utilizada para el análisis climático del área de estudio de este documento fue la desarrollada por el Dr. Víctor Fuentes Freixanet. Esta metodología se enfoca en un análisis paramétrico; en un análisis mensual y anual; y en un análisis horario. Estos análisis se describen a continuación.

El análisis paramétrico, es el estudio de diferentes parámetros climatológicos como temperatura, humedad, precipitación, entre otros, los cuales se comparan con rangos de confort que usualmente son calculados dependiendo del clima. Estos rangos ayudan a determinar cuándo estos parámetros están dentro o fuera de confort.

El análisis mensual y anual, utiliza datos climatológicos mensuales y anuales para el estudio. Al igual que el análisis paramétrico, los resultados del análisis mensual y anual se comparan con rangos confort que sirven de referencia para determinar si la persona está o no en confort.

Con estos análisis se pueden obtener cartas o diagramas que relacionan dos o más variables, que permiten tener una idea más clara de lo que sucede en el área de estudio y así determinar qué estrategias de diseño son las más efectivas.

El análisis de datos horarios es aplicable principalmente a temperatura, humedad y viento. Este análisis permite definir con mayor precisión cuándo y qué estrategias de diseño aplicar en el área de estudio.

3.1.1 Clasificación del clima Köppen-García

Clasificación de climas según el sistema modificado

KÖPPEN-GARCÍA

I Datos Generales		
Ciudad:	Panamá	grados grados msnm años años
Estado:	Panamá	
Nombre o número de la estación:	144-002 Tocumen	
Coordenadas Geográficas:		
Latitud:	9.05	
Longitud:	79.37	
Altitud:	14	
Periodo de observación:		
Temperatura	14	
Precipitación	14	

II Datos climáticos mensuales y anuales		E	F	M	A	M	J
Temperatura (°C)		26.9	27.2	27.7	28.1	27.6	27.2
Precipitación (mm)		25.4	11.0	19.8	77.9	252.9	227.1

J	A	S	O	N	D	Anual
27.2	27.2	26.9	26.7	26.6	26.9	27.2
180.6	221.9	267.9	305.6	261.6	125.2	1976.9

III Gráficas:
Elaborar gráficas de Temperatura y Precipitación

IV Cuestionario:		Observaciones
1	Temperatura media anual	27.17 °C
2	Temperatura del mes más frío	26.6 °C
	Mes más frío	Noviembre mes
3	Temperatura del mes más cálido	28.1 °C
	Mes más cálido	Abril mes
4	Precipitación total anual	1976.9 mm
5	Precipitación del mes más seco	11 mm
	Mes más seco	Febrero mes
6	Precipitación mes más lluvioso	305.6 mm
	Mes más lluvioso	Octubre mes
7	Porcentaje de lluvia invernal	2.842
	Epoca de lluvias	((E+F+M)/anual)*100 Verano / Invierno
8	Determinar el Régimen de Lluvias	(ver cuadro 2)
9	Fórmulas r_h y r_s correspondientes al % de lluvia invernal	(ver cuadro 2)
	Fórmula de r_h	(ver cuadro 2)
	Fórmula de r_s	(ver cuadro 2)
10	Determinar si el clima es húmedo y subhúmedo o seco	(ver cuadro 2)
	Determinar si el clima es seco (BS) o muy seco (BW)	(ver cuadro 2)
11	Anotar Grupo y Subgrupo del clima	(ver cuadro 1)
	Grupo	A (ver cuadro 1)
	Subgrupo	A (ver cuadro 1)
12	Determinar el tipo de clima (A o C), húmedo o subhúmedo	(ver cuadro 3)
	Tipo de clima A	Aw (ver cuadro 3)
	Tipo de clima C	(ver cuadro 3 y 4)
13	Determinar el subtipo climático según el grado de humedad	(ver cuadro 2)
	Cociente P/T	72.75 Precipitación / Temperatura
	Determinar el símbolo de acuerdo al cociente P/T y % de lluvia invernal	w2(w) (ver cuadro 2)
	Determinar presencia de canícula	w" (ver cuadro 1,5)
	Número de meses con temperatura mayor a 10 °C	12 meses (ver cuadro 4)
14	Describir condiciones de temperatura en base a la temperatura anual y la de los meses más frío y más caliente	A
15	Determinar oscilación térmica anual	1.4 Tmax-Tmin
16	Anotar el símbolo correspondiente a la oscilación	i (ver cuadro 5)
17	Marcha anual de temperatura, determinar si la temperatura máxima se presenta antes o después del solsticio de verano; y anotar la clave correspondiente	g (ver cuadro 5)
18	Estación por marcha anual en zona intertropical o extratropical	
19	Escribir el tipo de clima con todas las letras anotadas, (ver ordenamiento en cuadro 1 y 5)	Aw2(w)igw" (ver cuadro 1 y 5)
20	Explicación textual de la clasificación	CALIDO HUMEDO ISOTERMAL TIPO GANGES CON CANICULA EN EL MES DE JULIO

Clasificación de climas según el sistema modificado
KÖPPEN-GARCÍA

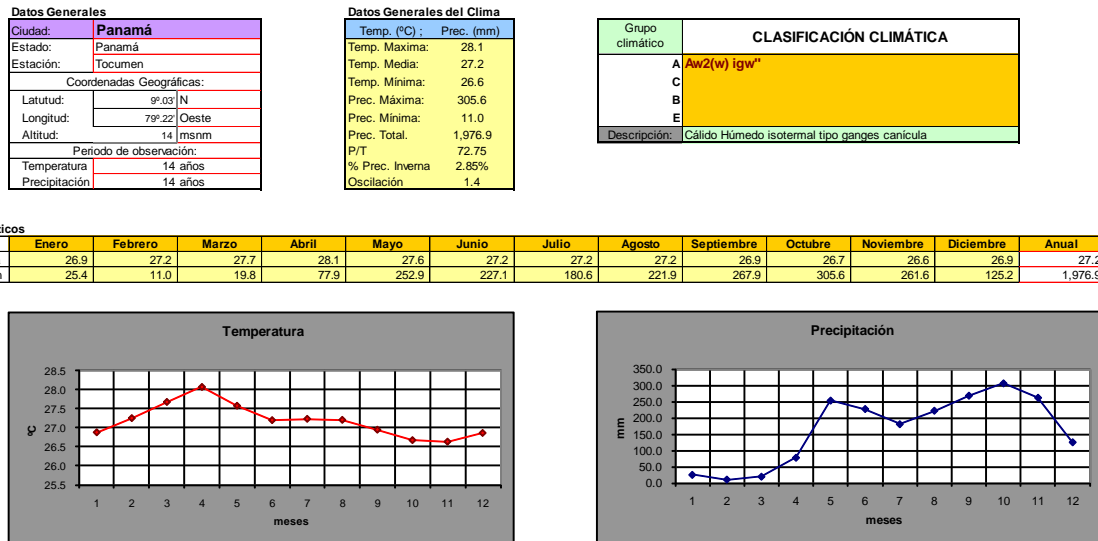


Figura 3.1. Clasificación de clima según el sistema modificado de Köppen García.

Fuente: Fuentes (s.f.), modificada por autor¹.

Al realizarse el análisis del clima, basado en sistema modificado Köppen–García, se obtuvo que el clima de la Ciudad de Panamá que es cálido-húmedo isotermal tipo Ganges con canícula.

3.1.2 Temperatura

En base a la temperatura media, se determinó que el periodo más caliente del año es de diciembre a abril y el periodo más frío va de mayo a noviembre, que es cuando se da el periodo de lluvias. Los valores de temperatura media de Panamá se encuentran dentro de la zona de confort pero están más cerca del nivel superior de confort que es 28.5°C.

¹ Todas las fuentes de este capítulo que señalen que el autor realizó alguna modificación, se refiere al hecho que el autor realizó el cálculo, gráfica o tabla utilizando alguna hoja de cálculo o gráfica realizada por la otra persona mencionada en la fuente.

La mayor oscilación de temperatura es de 11.8°C y se presenta en el mes de febrero, este dato demuestra que las oscilaciones en la región no son muy amplias.

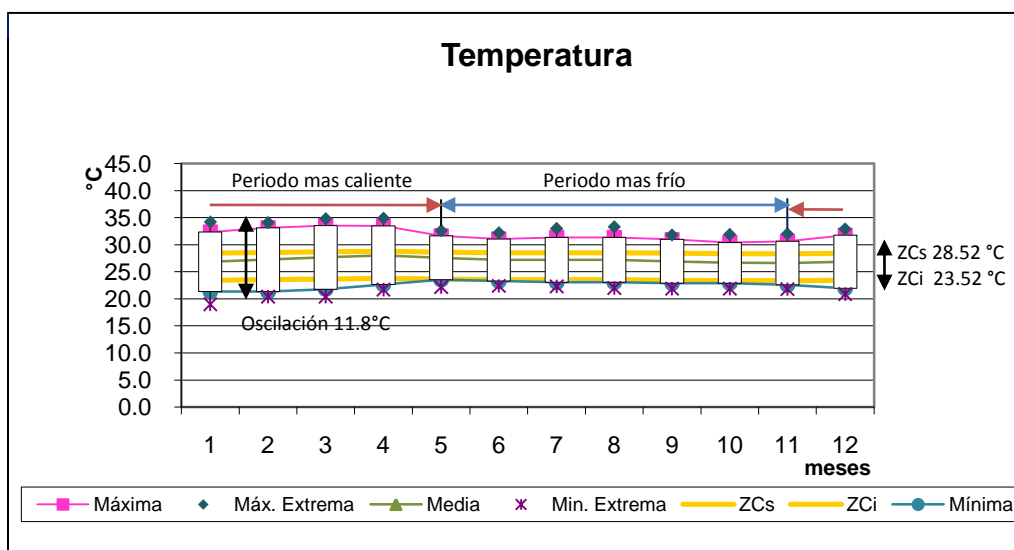


Figura 3.2. Temperaturas máximas y mínimas mensuales.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

El análisis de temperatura presenta valores máximos; máximos extremos; mínimos; y mínimos extremos. El mes de abril, es el mes que presenta la temperatura más elevada, la máxima es 33.5°C y la máxima extrema es 34.9°C.

En cuanto a la temperatura mínima y mínima extrema, febrero presenta el valor mínimo más bajo, 21.3°C; mientras que enero presenta la temperatura mínima extrema más baja, 19°C. Las temperaturas máximas y mínimas extremas en Panamá van de 19°C a 34.9°C, este dato reafirma que la Ciudad de Panamá cuenta con un clima cálido durante todo el año.

3.1.3 Humedad

Panamá es un país tropical donde llueve mucho así que sus valores de humedad son elevados. La humedad media durante todo el año está sobre el nivel superior de confort; octubre y noviembre tienen la humedad media máxima, 84%, y marzo tiene la humedad media mínima, 71%. En base a esta humedad media se definió el periodo menos húmedo que va de diciembre a abril y presenta humedades que

van del 71% al 80%; mientras que el periodo más húmedo va de mayo a noviembre, cuando se presenta un rango de humedad que va del 81% al 84%.

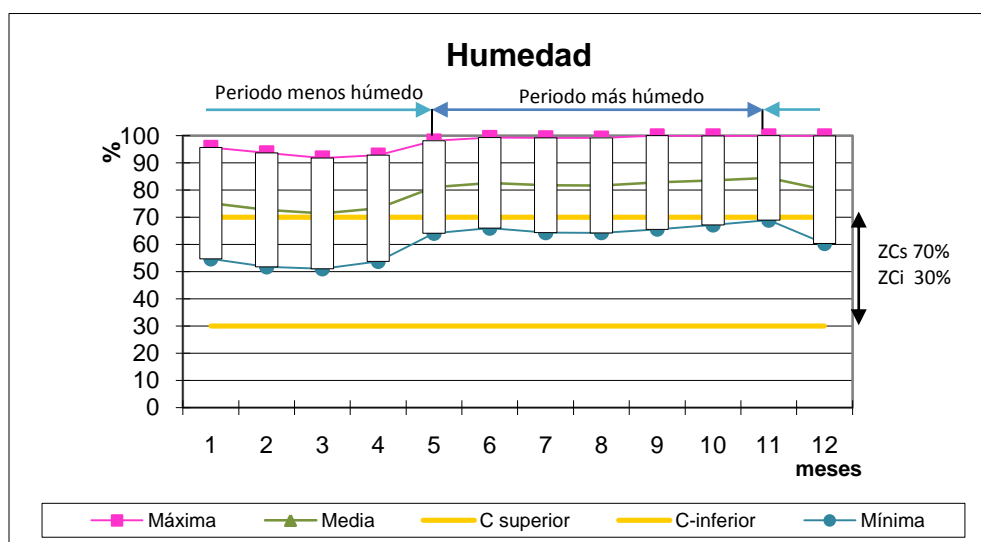


Figura 3.3. Humedad máxima y mínima mensual.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

En cuanto a la humedad máxima, Panamá alcanza cifras del 99% al 100%, y se presentan en el período que va de junio a diciembre; mientras que la humedad mínima de todo el año se presenta en marzo que baja al 51%.

Todos los valores humedad mínimas están dentro de la zona de confort, pero los más bajos se dan en el período de diciembre a abril, en este período los porcentajes de humedad están cerca del 50%; mientras que de mayo a noviembre, la humedad mínima está cerca del límite superior de la zona de confort el cual es del 70%.

3.1.4 Precipitación y evaporación

En Panamá llueve prácticamente durante todo el año pero, aun así, hay un periodo de lluvia y un periodo seco donde llueve menos; el periodo de lluvias es de mayo a noviembre y el periodo seco es de diciembre a abril. Los meses de abril y diciembre se consideran meses de transición, abril es la transición de la época seca a la de lluvia y diciembre es la transición del periodo de lluvia a la época seca. Según la precipitación media del periodo de lluvias, el mes con mayor

precipitación es octubre, 305.6 mm; mientras que en el periodo seco el mes con menor precipitación es febrero, 11.00 mm.

La máxima precipitación presentada en el año se dio en noviembre, 580.2 mm; y la mínima fue de 0 mm en los meses de enero, febrero y marzo, los cuales pertenecen al periodo seco.

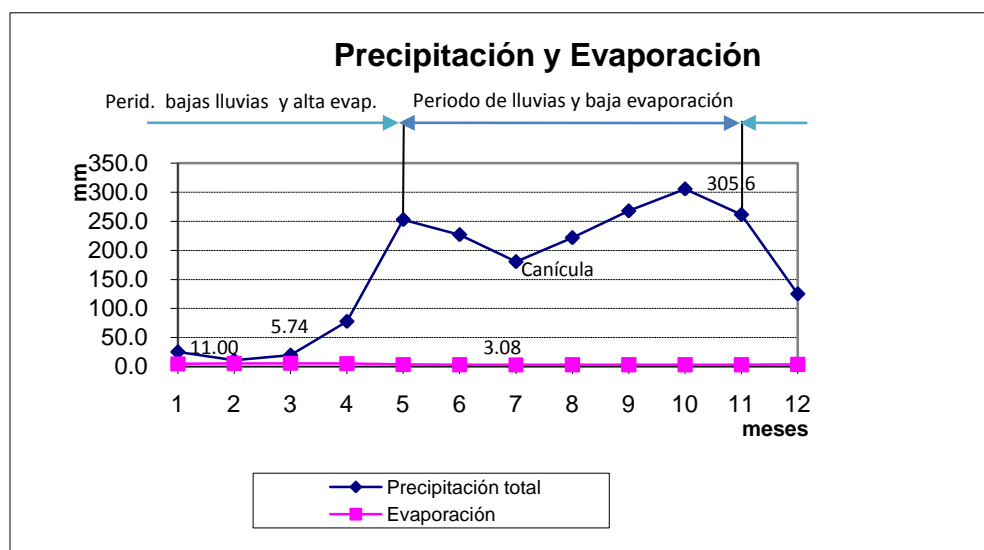


Figura 3.4. Precipitación y evaporación media mensual.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

En cuanto a la evaporación es muy poca durante todo el año, tomando en cuenta que la evaporación anual es de 48.00 mm. El periodo de mayor evaporación va de diciembre a abril, que es el periodo en donde hay menos precipitación y las temperaturas están más elevadas; mientras que, de mayo a noviembre, es el periodo de menor evaporación porque es el periodo de lluvias y las temperaturas no están tan elevadas. El mes con mayor evaporación es marzo, con 5.74 mm y el mes con menor evaporación es julio, con 3.08 mm.

3.1.5 Índice ombrotérmico

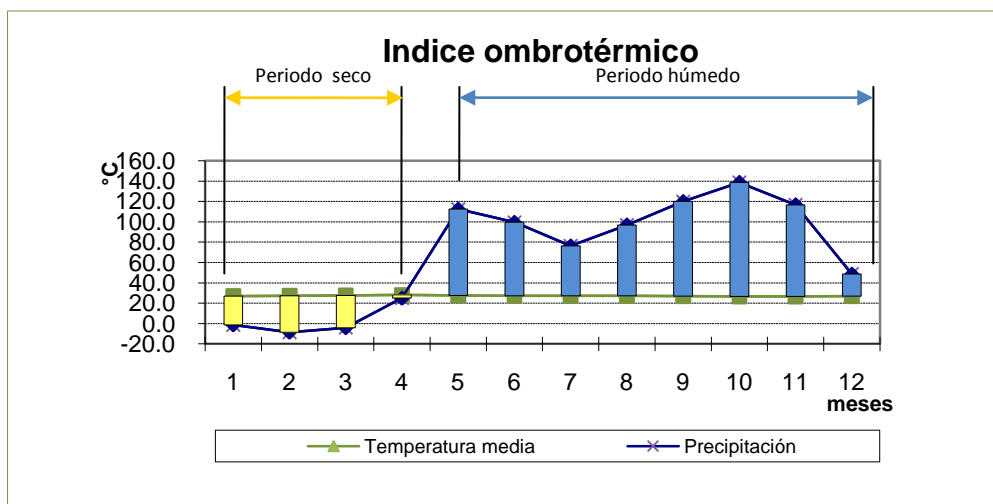


Figura 3.5. Índice ombrotérmico.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

El índice ombrotérmico relaciona la temperatura y la precipitación media mensual y se define como:

[...] el cociente entre la precipitación media de un mes de temperatura media superior a cero grados centígrados y la temperatura media de ese mes en décimas de grado del mismo mes, multiplicado por 10. $I_{om} = 10 \times P_i / T_i$. En función del valor de I_{om} , designamos los meses del año del mismo modo que en la tipología anual. (Rivas, 2004)

Este índice, es utilizado en agronomía para definir cuánta precipitación es necesaria para mantener el suelo húmedo y así determinar cuándo es necesario regarlo. Por tal razón este índice está muy relacionado con la vegetación.

En la fig. 3.5, se ve claramente que según el índice ombrotérmico el año se divide en dos periodos, el seco que va de enero a abril; y el húmedo, que va de mayo a diciembre. El periodo seco, corresponde con el período en que hay pocas lluvias y el periodo húmedo, corresponde con el periodo de lluvias que es cuando los niveles de humedad están más elevados.

También cabe comentar, que los meses de abril y diciembre son meses de transición entre la época seca y el periodo de lluvias y viceversa; por tal razón,

puede variar si pertenecen o no al periodo seco o húmedo, según la división que se hace basándose en el índice ombrotérmico.

3.1.6 Días grado

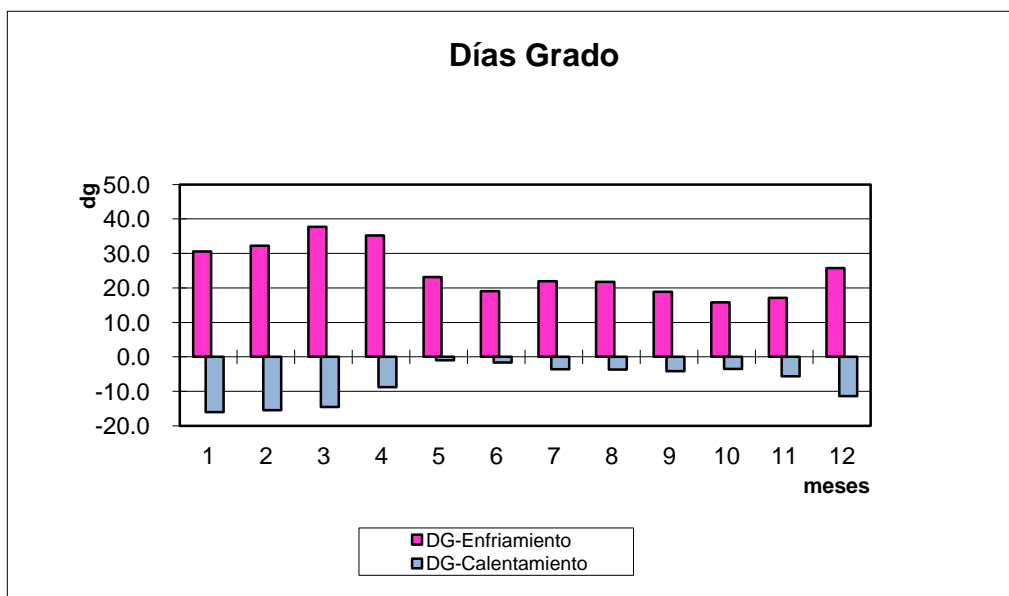


Figura 3.6. Días grado.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

Los días grados se pueden definir de la siguiente manera:

[...] Los Grados-Día se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados centígrados o Kelvin), necesarios para alcanzar la zona de confort, acumulados en un cierto período de tiempo (generalmente un mes, aunque podrían ser semanales, o incluso horarios). (Fuentes, 2010)

La fig. 3.6, muestra la gráfica de días grados que indica cuándo se debe calentar o enfriar cada mes. Al hacer el análisis de días grados, resultó que en el periodo de diciembre a abril es cuando hay mayor requerimiento de enfriamiento, debido a que las temperaturas en este periodo son elevadas; sin embargo, también se necesita calentar un poco debido a que en este periodo la primeras horas del día son algo frías. El resto del año, el requerimiento que predomina es el de enfriamiento, mientras que la necesidad de calentamiento es casi nula.

3.1.7 Radiación solar

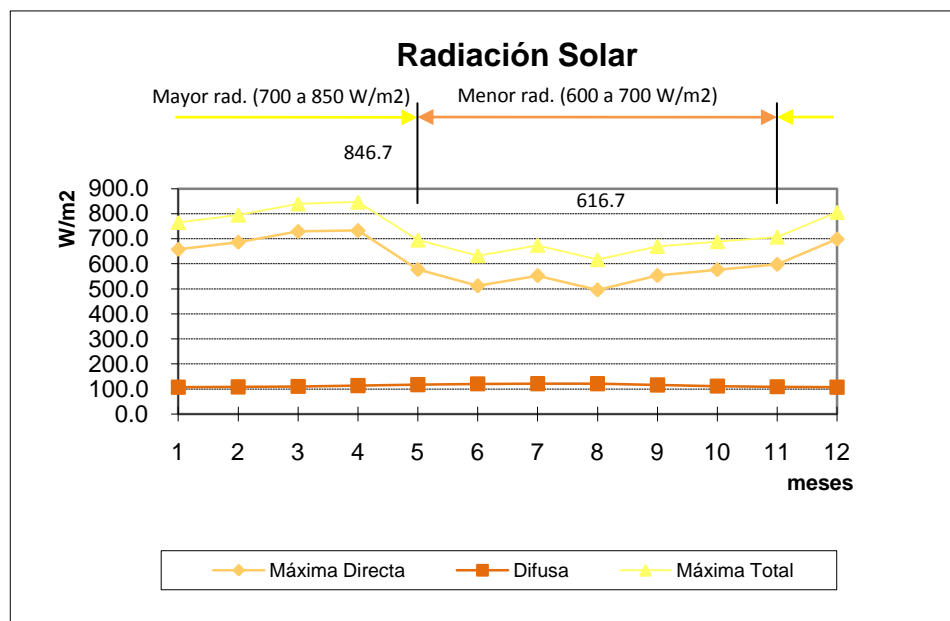


Figura 3.7. Radiación solar máxima directa, difusa y total mensual.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

Existen tres tipos de radiación: la directa, la difusa y la total. La radiación directa es aquella que viene del sol sin tener cambio de dirección, por lo tanto genera una sombra definida de los objetos; la radiación difusa es aquella que se absorbe y se refleja por las nubes, montañas, edificios y cualquier otro elemento; y la radiación total es la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

En la fig. 3.7, se muestra el comportamiento que tienen estos tres tipos de radiación durante los 12 meses del año. El periodo de mayor radiación se da de diciembre a abril y tiene un rango de 700 a 850 W/m², y abril es el mes de mayor radiación en todo el año, 846.7 W/m². Por otro lado, el periodo de menor radiación es de mayo a noviembre, y agosto es el mes de menor radiación en todo el año, 616.7 W/m². Los periodos de mayor y menor radiación coinciden, respectivamente, con la época seca, que es cuando hay menos lluvias, y con el periodo de lluvias. La radiación difusa, es muy baja durante todo el año y se mantiene dentro de un rango de 107.1 a 121.3 W/m².

3.1.8 Viento

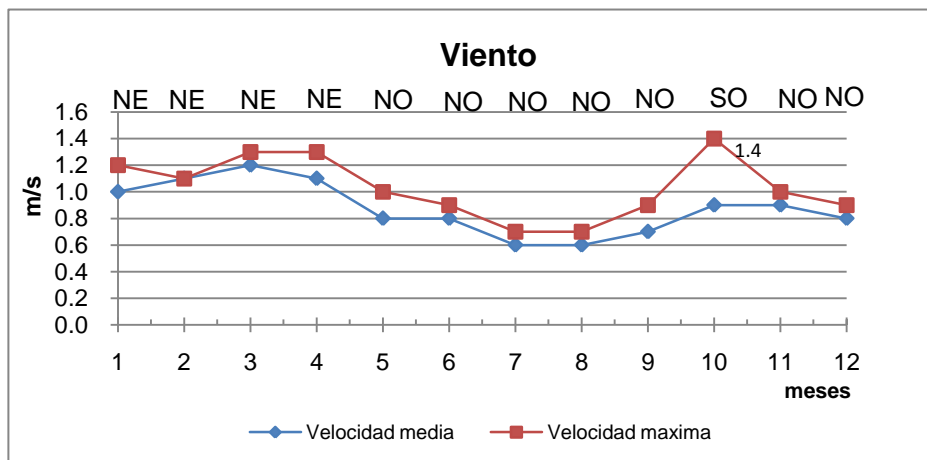


Figura 3.8. Velocidades de viento medias y máximas mensuales y su orientación predominante.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

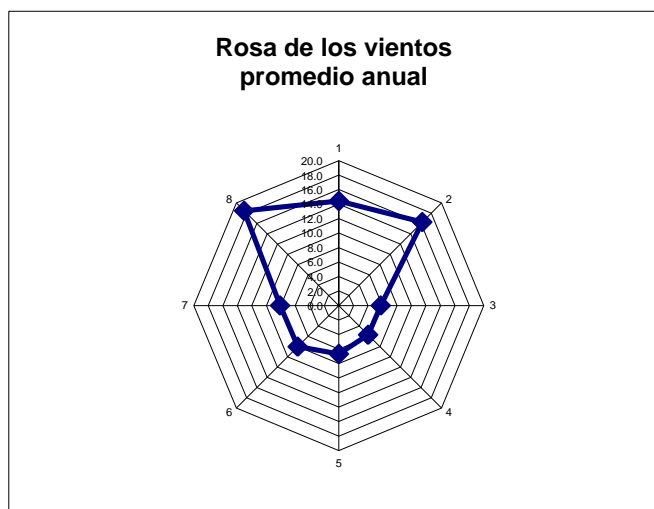


Figura 3.9 Rosas de los vientos anual promedio.

Fuente: Fuentes (s.f.a), modificada por autor.

En la fig. 3.8, se muestran las velocidades medias y las máximas mensuales. La velocidad media mensual máxima se da en marzo, 1.2 m/s con dirección NE; mientras que la velocidad media mensual con menor intensidad es de 0.6 m/s con dirección NO y se presenta en julio y agosto. En cuanto a las velocidades máximas mensuales, en octubre se presenta la máxima velocidad alcanzando 1.4 m/s dirección SO.

Las calmas son los periodos en que no hay viento y se mide por medio de porcentajes. Septiembre es el mes con mayor frecuencias de calmas, 21.1% del mes.

La rosa de los vientos muestra que lo vientos predominantes vienen del NE, N y NO, pero al hacer el cálculo se definió más claramente de qué dirección vienen los vientos. Basándose en la velocidad media anual, se obtuvo que los viento predominantes vienen de una dirección NO, a una velocidad de 0.9 m/s; las calmas anuales que se dan en esta dirección representan el 16.5%.

3.2 Índices térmicos

3.2.1 Temperatura efectiva corregida

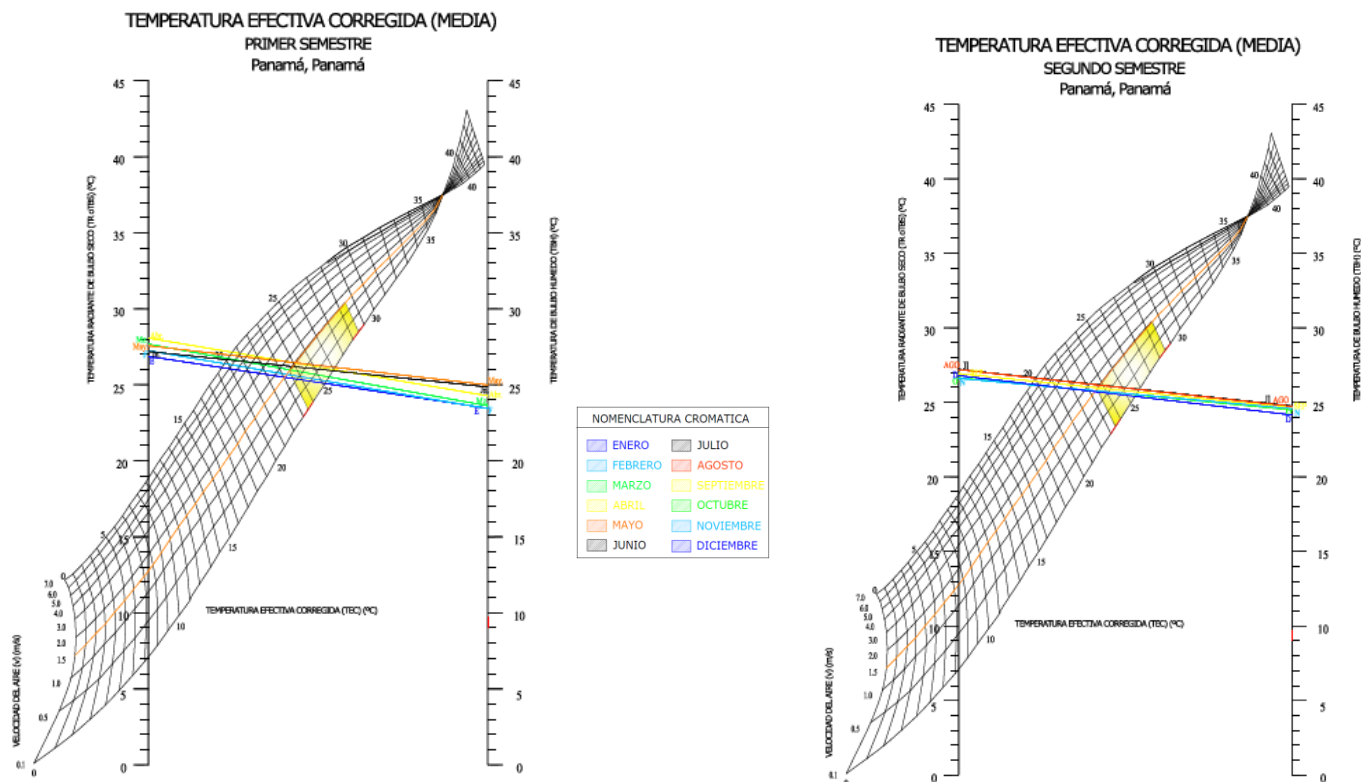


Figura 3.10. Temperatura efectiva corregida (media) del primer y segundo semestre.

Fuente: Con base a Szokolay y Auliciems, en Fuentes (2004), modificada por autor.

PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMP. MEDIA (B. SECO)	°C	26.87	27.24	27.67	28.07	27.57	27.19	27.22	27.20	26.94	26.66	26.62	26.85	27.17
TEMP. BULBO HUMEDO	°C	23.45	23.43	23.62	24.27	24.99	24.86	24.76	24.73	24.64	24.49	24.59	24.16	24.33
TEMP. EFECTIVA CORREGIDA A 1.5m/s	°C	23.05	23.26	23.61	24.1	24.13	23.86	23.8	23.78	23.59	23.35	23.37	23.29	
VELOCIDAD MEDIA	m/s	1	1.1	1.2	1.1	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	0.8	0.875

Tabla 3.1. Temperatura media bulbo seco y húmedo², temperatura efectiva corregida y velocidad media de viento.

Fuente de: Temp. y velocidad media: ETESA(2009), Temp. B.H: con base a Szokolay y Docherty, en Fuentes (2004), calculada por el autor y Temp. E.C.: de la fig. 3.10.

² La temperatura de bulbo húmedo se determina con la siguiente formula: $T_{bh} = 7.5 + 0.9 * (T - 10) + (HR - 70) / 30 * (2.75 + 0.1 * (T - 10))$, donde T_{bh} es temperatura de bulbo húmedo, T es temperatura de bulbo seco y HR es humedad relativa. **Fuente:** Con base a Szokolay y Docherty, en Fuentes (2004)

La fig. 3.10, muestra cómo se obtiene la temperatura efectiva corregida, ésta consiste en combinar las temperaturas medias mensuales de bulbo seco y húmedo con una velocidad de viento de 1.5 m/s (velocidad máx. en interiores), así se obtiene la temperatura efectiva corregida que puede tener un espacio al ventilarlo.

La zona de confort es de 23.52°C a 28.52°C. La mayoría de los meses alcanzan esta zona de confort al utilizar una velocidad de 1.5 m/s para ventilar los espacios; incluso algunas temperaturas quedan por debajo del límite inferior de la zona de confort (ver tabla 3.1).

3.2.2 Humidex

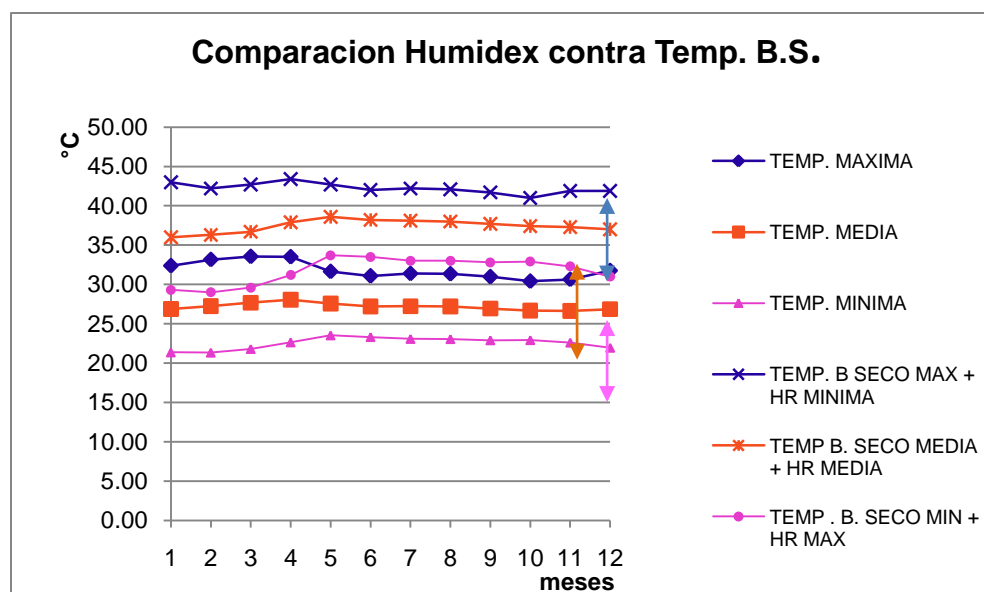


Figura 3.11. Comparación de humidex contra temperatura bulbo seco.

Fuente: Fuentes (2006a), modificada por autor.

El índice térmico de humidex, combina las temperaturas de bulbo seco con la humedad relativa para así obtener la sensación térmica que perciben las personas en su cuerpo. El cuerpo humano pierde calor a través de la transpiración, pero si en el ambiente hay una humedad relativa elevada, el sudor que genera la persona casi no se evaporara debido a que el aire está saturado con agua.

Panamá presenta humedades relativas altas además de temperaturas altas con poca oscilación; por tal razón, si vemos la gráfica, las líneas que representan cada

caso están sobre los 20°C y son casi rectas. La humedad aumenta la sensación de temperatura en las personas, así que las personas sentirán una temperatura más elevada que la temperatura del aire en un determinado momento. La diferencia máxima entre la temperatura de aire o de bulbo seco con respecto a la temperatura que percibe la persona fue aproximadamente de 11°C.

3.2.3 Heat index–Índice de temperatura aparente

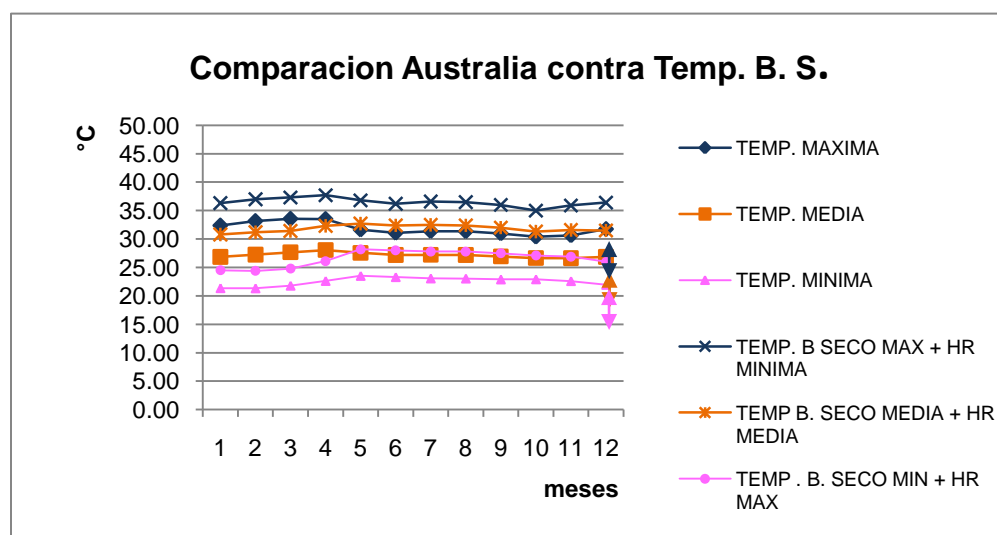


Figura 3.12. Comparación Australia contra temperatura de bulbo seco.

Fuente: Fuentes (2006b), modificada por autor.

A diferencia del humidex, el índice temperatura aparente, o índice australiano, además de relacionar la temperatura del aire y la humedad relativa, involucra la velocidad del viento; para este caso se utilizó la velocidad máxima de cada mes.

Como se puede apreciar en la fig. 3.12, al igual que en el índice térmico humidex, la oscilación de temperatura entre mes y mes no es muy amplia provocando que las líneas en todos los casos sean casi rectas. También se observa que la humedad aumenta la sensación de calor percibida por la persona, pero en menor escala que en el humidex debido a que el viento reduce la sensación de humedad y entonces la sensación de calor disminuye. La diferencia máxima entre la temperatura del aire y la temperatura calculada por el índice australiano fue de 5.5°C, con este dato queda demostrado que la ventilación ayuda a disminuir la sensación de calor.

3.3 Gráficas bioclimáticas

3.3.1 Triángulos de confort

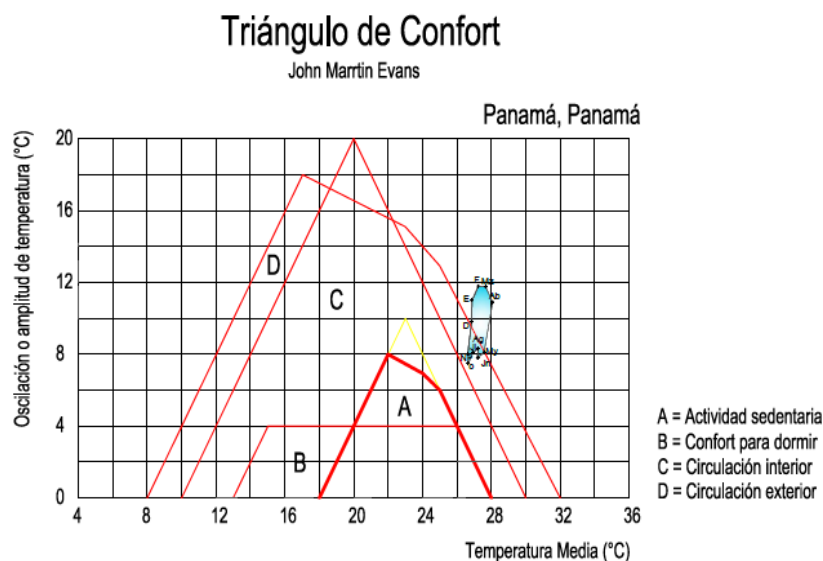


Figura 3.13. Triángulos de confort.

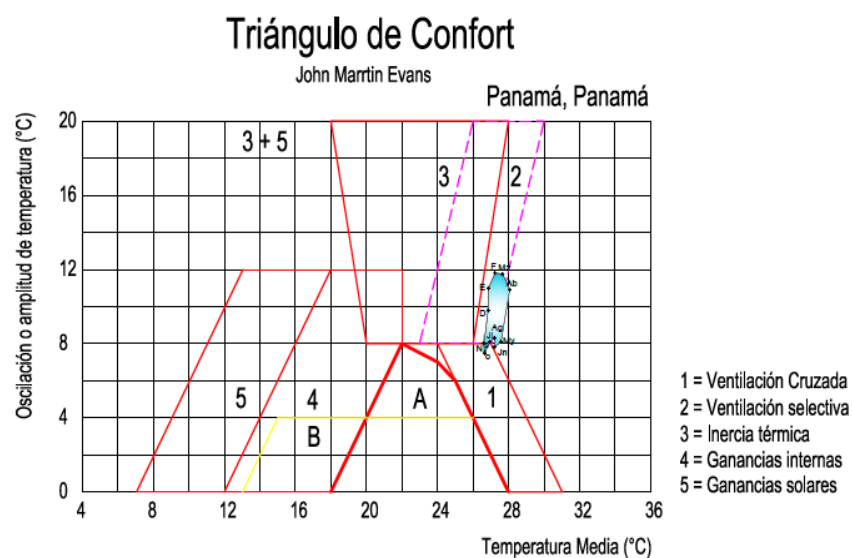


Figura 3.14. Estrategias bioclimáticas.

Fuente de fig. 3.13 y 3.14: Con base en Evans, revisada en Fuentes (2004), modificada por autor.

Los triángulos de Evans se dividen en triángulos de confort y triángulos de estrategias bioclimáticas. Los triángulos de confort están divididos en 4 zonas que indican una actividad o área en la que la persona está en confort; el triángulo que

expresa estrategias bioclimáticas está dividido en 5 zonas que indican qué tipo de estrategia de diseño se debe utilizar en determinado mes para poder alcanzar el confort.

El diagrama anual resulta de la combinación de la temperatura media mensual y la oscilación mensual. Al graficar este diagrama para la Ciudad de Panamá, se notó que las temperaturas son elevadas y las oscilaciones no son muy amplias.

Refiriéndose al triángulo de confort, el periodo de mayo a noviembre es la única época del año que se encuentra en confort en circulaciones exteriores, mientras que el resto del año se encuentra fuera de confort independientemente de las circunstancias.

El triángulo de estrategias bioclimáticas señaló que para llegar al confort en septiembre y el periodo de diciembre a marzo, sólo aplica la ventilación selectiva; en cambio, para octubre y noviembre se puede aplicar ventilación cruzada. Para el resto del año se necesitarán sistemas mecánicos de climatización para poder estar en confort.

3.3.2 Carta bioclimática: primer semestre

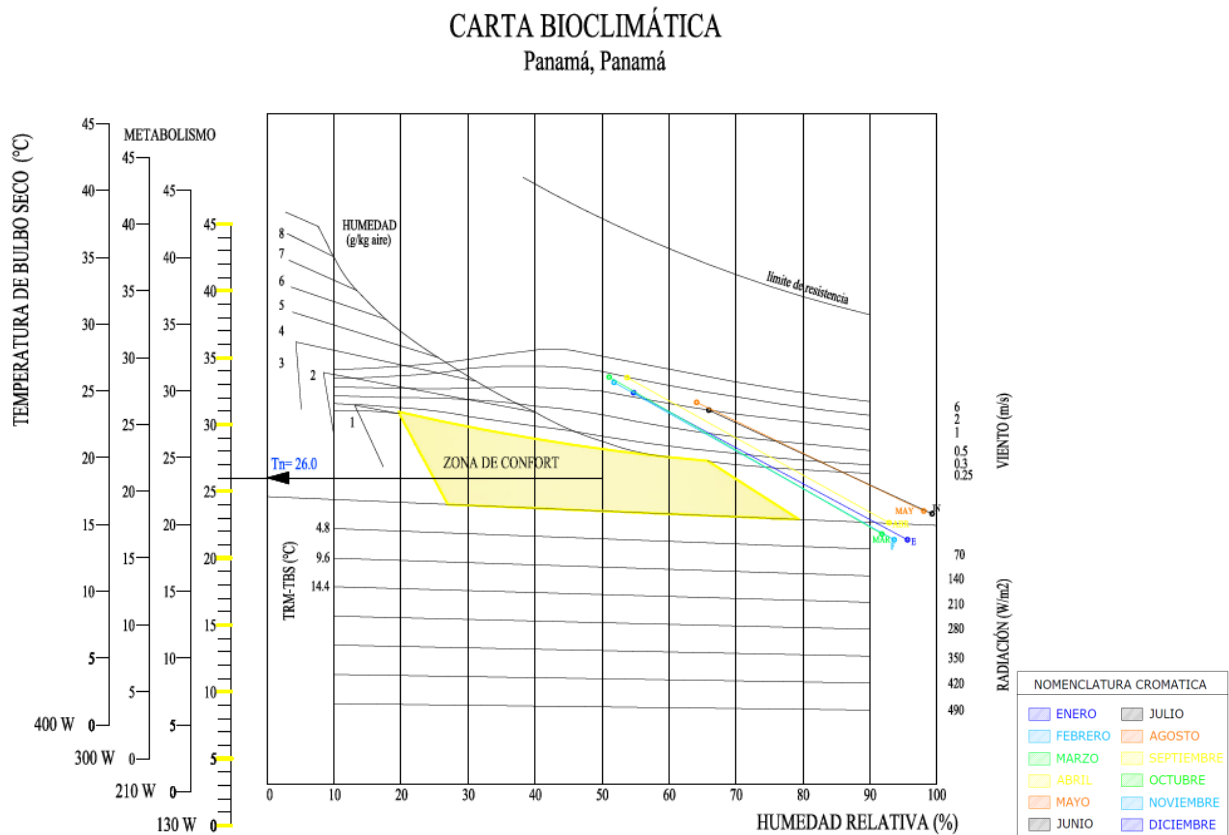


Figura 3.15. Carta Bioclimática: primer semestre.

El inicio de la carta bioclimática partió de que Víctor Olgyay creó una gráfica de temperaturas y humedades que definió la zona de confort. Esta gráfica sufrió modificaciones y fue Szokolay quien hizo el último ajuste de la temperatura neutra con base al modelo de confort de Auliciems.

La carta bioclimática nos puede definir cuáles son las estrategias que debemos aplicar en una región y nos puede dar los valores de humedad, radiación y viento que se requieren para llegar al confort.

Las estrategias que define esta carta son: ventilación, deshumificación y sombreado. En esta carta, también se señala cuál es la zona de confort (ver fig. 3.15).

En Panamá, de enero a marzo en horas de la mañana, se necesita un mínimo de calentamiento para que las personas estén en confort. Este calentamiento se puede lograr si las personas se abrigan, por lo tanto no hay que aplicar una estrategia directa sobre la edificación. En este mismo periodo, el resto del día se necesita ventilar los espacios para estar en confort. De abril a junio, la estrategia principal es la ventilación y se requiere una velocidad de 0.25 a 2 m/s para poder alcanzar el confort de forma pasiva.

En cuanto ha sombreado, la mayor parte de este semestre se debe cubrir del sol durante todo el día, sólo se debe dejar pasar radiación en los meses que necesiten calentamiento.

3.3.3 Carta bioclimática: segundo semestre

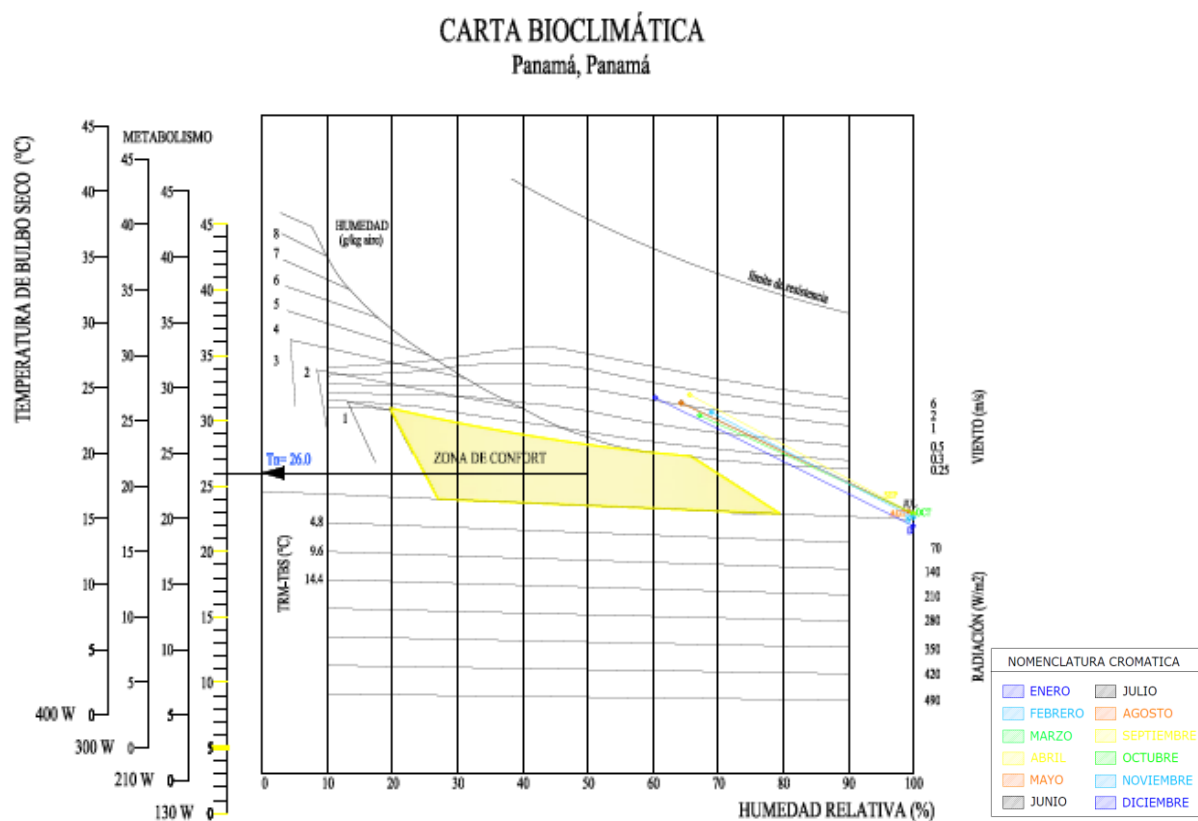


Figura 3.16. Carta bioclimática: segundo semestre.

Fuente de fig. 3.15 y 3.16: Con base en Szockolay, revisada en Fuentes (2004), modificada por autor.

En cuanto al segundo semestre del año, diciembre es el único mes que, en horas de la mañana, se necesita un mínimo de calentamiento, que se puede lograr con arropamiento, para que la persona esté en confort; el resto del día se requiere ventilación y sombreado.

Los meses de julio a noviembre, se necesita sombreado y ventilación, de 0.25 a 1.70 m/s, para poder llegar al confort.

3.3.4 Carta psicométrica: Primer semestre

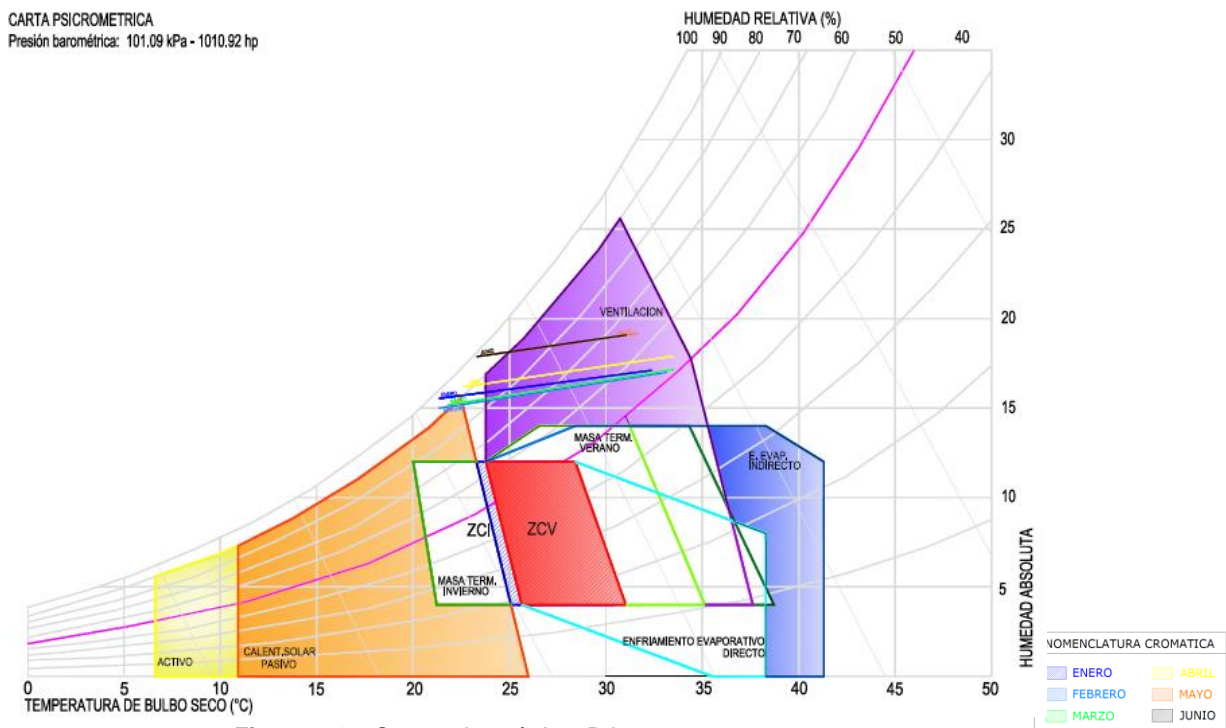


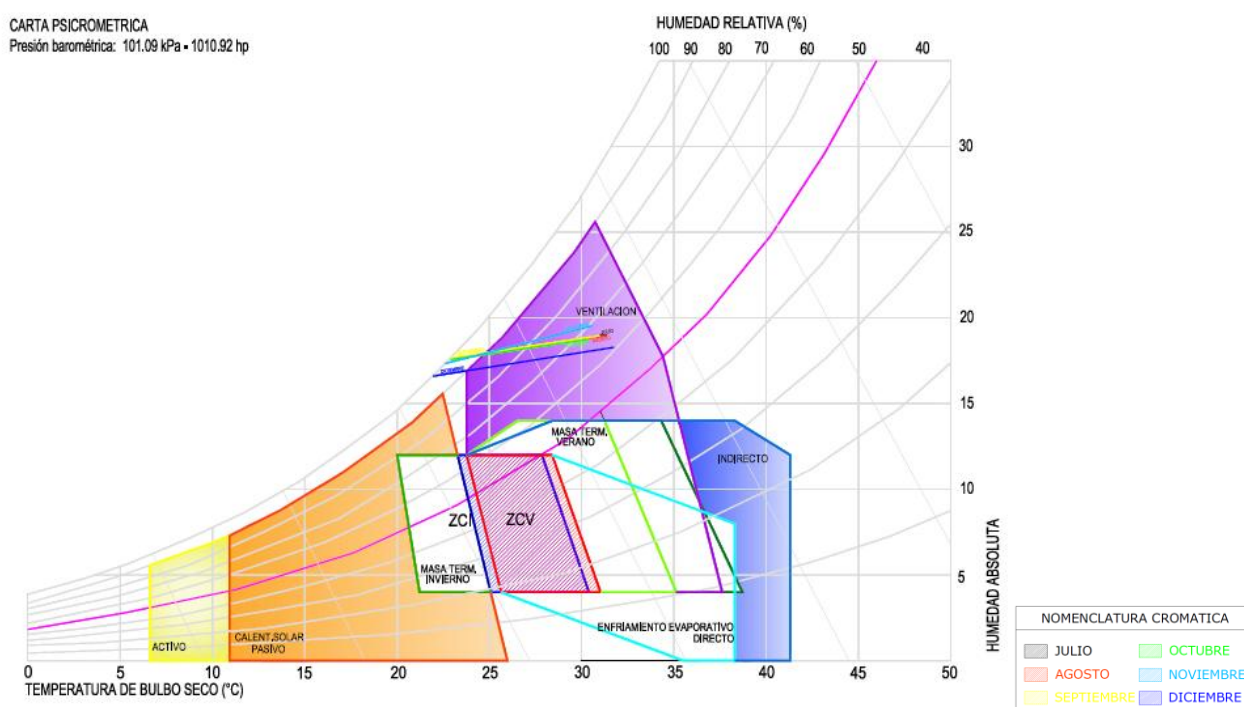
Figura 3.17. Carta psicométrica: Primer semestre.

Dependiendo del clima, la carta psicométrica determina las estrategias necesarias para alcanzar el confort. Givoni fue quien utilizó la carta psicométrica para definir estrategias de diseño arquitectónico; esta carta relaciona las siguientes variables: humedad relativa y absoluta, volumen específico, entalpía y temperatura de bulbo seco y húmedo.

Las estrategias que presenta la carta psicométrica son: ventilación, humidificación, calentamiento solar activo y pasivo, enfriamiento evaporativo directo e indirecto y masa térmica de invierno y verano.

En cuanto a la Ciudad de Panamá, ésta tiene un clima cálido-húmedo así que la estrategia principal es ventilación. La carta psicrométrica para la Ciudad de Panamá arrojó que en los meses de marzo y febrero, las primeras horas del día se necesita un mínimo calentamiento que se puede lograr por medio del arropamiento de las personas e incluso la misma masa de edificio sin hacerle modificaciones puede ayudar a las personas a estar cómodas. El resto del día de estos dos meses, se requiere ventilación para que los usuarios estén en confort. Las primeras horas de la mañana de enero y del periodo de abril a junio, no ocupan ninguna estrategia lo que quiere decir que de forma pasiva, no se puede alcanzar el confort, mientras que el resto del día lo que se requiere es ventilar.

3.3.5 Carta psicrométrica: Segundo semestre



Fuente de fig. 3.17 y 3.18: con base en Szokolay, Fuentes (2004), modificada por autor.

En el segundo semestre, que es el período de julio a diciembre, las primeras horas del día se encuentran fuera de cualquier estrategia lo que quiere decir que de forma pasiva no se puede alcanzar el confort mientras que el resto del día la estrategia que se señala es ventilación.

3.4 Datos horarios

3.4.1 Temperatura horaria

MES				TM	Tm	Tmed	TEMPERATURA																								PRO
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Enero	32.4	21.4	26.9	24.1	23.2	22.4	21.8	21.5	21.4	21.7	22.7	24.1	25.9	27.8	29.6	31.1	32.0	32.4	32.3	31.9	31.3	30.6	29.6	28.6	27.4	26.3	25.2		26.9		
Febrero	33.2	21.3	27.2	24.3	23.3	22.5	21.8	21.5	21.3	21.7	22.7	24.3	26.2	28.3	30.2	31.8	32.8	33.2	33.0	32.6	32.0	31.2	30.2	29.1	27.9	26.6	25.4		27.2		
Marzo	33.5	21.8	27.7	24.7	23.7	22.9	22.3	21.9	21.8	22.2	23.2	24.7	26.6	28.7	30.6	32.2	33.2	33.5	33.4	33.0	32.4	31.6	30.6	29.5	28.3	27.1	25.9		27.7		
Abril	33.5	22.6	28.1	25.4	24.4	23.7	23.1	22.8	22.6	23.0	23.9	25.3	27.1	29.0	30.8	32.2	33.2	33.5	33.4	33.0	32.5	31.7	30.8	29.7	28.6	27.5	26.4		28.1		
Mayo	31.6	23.5	27.6	25.5	24.9	24.3	23.9	23.6	23.5	23.8	24.5	25.5	26.9	28.3	29.6	30.7	31.4	31.6	31.5	31.3	30.9	30.3	29.6	28.8	28.0	27.1	26.3		27.6		
Junio	31.1	23.3	27.2	25.2	24.6	24.0	23.6	23.4	23.3	23.5	24.2	25.2	26.5	27.9	29.1	30.2	30.8	31.1	31.0	30.7	30.3	29.8	29.1	28.4	27.6	26.8	26.0		27.2		
Julio	31.4	23.1	27.2	25.1	24.4	23.9	23.4	23.2	23.1	23.3	24.0	25.1	26.5	27.9	29.3	30.4	31.1	31.4	31.3	31.0	30.6	30.0	29.3	28.5	27.7	26.8	25.9		27.2		
Agosto	31.3	23.1	27.2	25.1	24.4	23.8	23.4	23.1	23.1	23.3	24.0	25.1	26.5	27.9	29.3	30.4	31.1	31.3	31.2	31.0	30.5	30.0	29.3	28.5	27.6	26.8	25.9		27.2		
Septiembre	31.0	22.9	26.9	24.9	24.2	23.7	23.2	23.0	22.9	23.1	23.8	24.9	26.2	27.6	29.0	30.0	30.7	31.0	30.9	30.6	30.2	29.6	29.0	28.2	27.4	26.5	25.7		26.9		
Octubre	30.4	22.9	26.7	24.8	24.2	23.6	23.2	23.0	22.9	23.1	23.8	24.8	26.0	27.3	28.5	29.5	30.2	30.4	30.3	30.1	29.7	29.2	28.5	27.8	27.1	26.3	25.5		26.7		
Noviembre	30.6	22.6	26.6	24.6	23.9	23.4	23.0	22.7	22.6	22.8	23.5	24.6	25.9	27.3	28.6	29.7	30.4	30.6	30.5	30.3	29.9	29.3	28.6	27.9	27.0	26.2	25.4		26.6		
Diciembre	31.7	22.0	26.9	24.4	23.6	22.9	22.4	22.1	22.0	22.2	23.1	24.4	26.0	27.7	29.3	30.6	31.5	31.7	31.6	31.3	30.8	30.1	29.3	28.4	27.4	26.3	25.3		26.9		
ANUAL	31.8	22.5	27.2	24.9	24.1	23.4	22.9	22.6	22.5	22.8	23.6	24.9	26.4	28.0	29.5	30.7	31.5	31.8	31.7	31.4	30.9	30.3	29.5	28.6	27.7	26.7	25.7		27.2		

Tabla 3.2. Temperatura horaria.

Fuente: Fuentes (s.f.b.), modificada por autor.

En la tabla 3.2 se puede apreciar el comportamiento de la temperatura las 24 horas del día durante 12 meses. En estas temperaturas horarias se puede apreciar claramente cuáles son las horas frías, en confort y en sobrecalentamiento.

Casi durante todo el año, incluso en los meses del periodo de lluvia (mayo a noviembre), las horas de sobrecalentamientos se dan desde las 12 a las 20h, mientras que en casi todos los meses de la época seca (diciembre a abril), hubo una variación en el periodo de calentamiento, que aumentó de 1 a 2 horas en comparación con el resto del año, lo cual era de esperarse. Enero y febrero tienen un periodo de sobrecalentamiento de las 12 a las 21 horas, mientras que en marzo, el periodo empieza a las 11 y termina a las 21 horas. Abril es el mes más caluroso y presenta el mayor número de horas de sobrecalentamiento de todo el año, el periodo va desde las 11 hasta las 22h, mientras en diciembre el periodo de sobrecalentamiento va de las 12 a las 20h, como el resto del año.

En cuanto a las horas frías, se presentan en las mañanas de los siguientes periodos: en enero y febrero, se dan de las 2 a las 8h; en marzo y diciembre, se presentan de las 3 a las 8h; en abril y el periodo de julio a octubre, se dan de las 4 a las 7h; en mayo sólo se presentan a las 6h; en junio, va desde las 5 hasta las 6h; y en noviembre, de 3 a 7h.

El resto de las horas que están en blanco en la tabla son las horas que están en confort, que no son muchas comparadas con las horas de sobrecalentamiento que tiene la Ciudad de Panamá.

3.4.2 Humedad relativa horaria

MES		HRM	HRm
Enero	96	55	
Febrero	94	52	
Marzo	92	51	
Abril	93	54	
Mayo	98	64	
Junio	99	66	
Julio	99	64	
Agosto	99	64	
Septiembre	100	66	
Octubre	100	67	
Noviembre	100	69	
Diciembre	100	60	
ANUAL	97	61	

HUMEDAD RELATIVA																									PRO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
85	89	92	94	95	96	94	91	85	79	72	65	60	56	55	55	57	59	62	65	69	73	77	82	75	
83	87	90	92	93	94	92	89	83	76	69	62	57	53	52	52	54	56	59	62	66	71	75	79	73	
82	85	88	90	91	92	91	87	82	75	68	61	56	52	51	52	53	55	58	61	65	69	74	78	71	
83	86	89	91	92	93	92	88	83	77	70	64	58	55	54	54	55	58	60	64	67	71	75	79	73	
90	92	95	97	98	98	97	94	90	84	78	73	68	65	64	65	66	67	70	73	76	79	83	86	81	
91	94	96	98	99	99	98	95	91	86	80	74	70	67	66	66	67	69	72	74	78	81	84	88	83	
91	93	96	98	99	99	98	95	91	85	79	73	68	65	64	65	66	68	70	73	76	80	84	87	82	
90	93	96	98	99	99	98	95	90	85	79	73	68	65	64	65	66	68	70	73	76	80	84	87	82	
91	94	97	99	100	100	99	96	91	86	80	74	70	67	66	66	67	69	71	74	77	81	85	88	83	
92	94	97	98	100	100	99	96	92	86	81	75	71	68	67	68	69	70	73	75	78	82	85	89	84	
92	95	97	99	100	100	99	96	92	87	82	77	73	70	69	69	70	72	74	77	80	83	86	89	84	
90	93	96	98	99	100	99	95	90	84	77	70	65	62	60	61	62	64	67	70	74	78	82	86	80	
88	91	94	96	97	97	96	93	88	82	76	70	65	62	61	61	63	65	67	70	74	77	81	85	79	

Tabla 3.3. Humedad relativa horaria.

Fuente: Fuentes (s.f.b.), modificada por autor.

En la tabla 3.3, se aprecia el comportamiento de la humedad relativa durante los 12 meses las 24 horas del día. En ella se observa que son pocas las horas de confort higrotérmico comparado con las horas que tienen exceso de humedad. Las horas de confort se presentan, en general, del mediodía en adelante y es la época seca la que presenta mayor cantidad de horas de confort higrotérmico.

La época seca, junto con los meses de transición entre la época seca al periodo de lluvia y viceversa, tienen el periodo con mayor número de horas en confort debido a que llueve menos, por esta causa el porcentaje de humedad se reduce.

Las horas de confort en diciembre son de las 13 a las 19h; en enero, son de 12 a 21h; en febrero y abril, de 11 a 21h; y en marzo de las 11 a las 22h, éste es el mes con mayor número de horas en confort.

En cuanto al periodo de lluvias (mayo a noviembre), obviamente la humedad se incrementa y las horas de confort se reducen. Las horas de confort para este periodo son: para mayo de las 13 a las 19h; para el periodo de junio a septiembre de 13 a 18h; en octubre, de 14 a 17 h; y para noviembre de las 14 a las 16 h. Los meses de octubre y noviembre son los más húmedos de todo el año.

3.4.3 Radiación horaria

MES	MÁXIMA TOTAL	W/m2
Enero	765	
Febrero	795	
Marzo	840	
Abril	847	
Mayo	695	
Junio	633	
Julio	674	
Agosto	617	
Septiembre	670	
Octubre	689	
Noviembre	707	
Diciembre	806	
Promedio	728	

RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA TOTAL																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Horas con mas de 120
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.5	305.1	496.4	634.9	731.7	765.4	731.7	634.9	496.4	305.1	117.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	138.9	331.0	514.5	664.0	761.1	794.8	761.1	664.0	514.5	331.0	138.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	165.8	365.5	554.0	706.6	805.5	839.7	805.5	706.6	554.0	365.5	165.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	187.3	384.9	569.3	717.7	813.6	846.7	813.6	717.7	569.3	384.9	187.3	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	166.2	325.8	473.6	592.1	668.4	694.8	668.4	592.1	473.6	325.8	166.2	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	156.2	300.4	433.7	540.2	608.9	632.5	608.9	540.2	433.7	300.4	156.2	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	162.1	316.7	459.8	574.5	648.4	673.9	648.4	574.5	459.8	316.7	162.1	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	137.4	281.1	415.1	523.0	592.6	616.7	592.6	523.0	415.1	281.1	137.4	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.2	291.4	441.7	563.4	642.2	669.5	642.2	563.4	441.7	291.4	132.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.9	287.3	446.1	575.3	659.4	688.5	659.4	575.3	446.1	287.3	120.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.1	282.3	449.6	586.5	675.9	706.9	675.9	586.5	449.6	282.3	109.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	116.9	315.5	508.3	666.6	770.0	806.0	770.0	666.6	508.3	315.5	116.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	143.8	316.9	480.3	612.5	698.3	727.9	698.3	612.5	480.3	316.9	143.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11

MES	MÁXIMA DIRECTA
Enero	658
Febrero	686
Marzo	729
Abril	733
Mayo	577
Junio	512
Julio	553
Agosto	495
Septiembre	553
Octubre	577
Noviembre	598
Diciembre	699
Promedio	614

RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA DIRECTA																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Horas con mas de 120
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.2	208.3	373.2	520.6	621.7	657.7	621.7	520.6	373.2	208.3	63.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.5	229.6	398.6	548.2	650.2	686.4	650.2	548.2	398.6	229.6	77.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.0	257.8	433.6	587.7	692.3	729.3	692.3	587.7	433.6	257.8	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	111.2	273.5	446.2	596.0	697.2	732.9	697.2	596.0	446.2	273.5	111.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	96.6	223.9	357.5	472.6	550.0	577.2	550.0	472.6	357.5	223.9	96.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	89.1	201.8	319.3	420.3	488.0	511.9	488.0	420.3	319.3	201.8	89.1	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	93.1	215.0	342.7	452.7	526.6	552.6	526.6	452.7	342.7	215.0	93.1	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	75.9	185.5	302.0	403.1	471.3	495.3	471.3	403.1	302.0	185.5	75.9	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.8	195.5	328.8	445.7	525.0	553.0	525.0	445.7	328.8	195.5	72.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6	193.4	335.3	460.8	546.5	576.8	546.5	460.8	335.3	193.4	65.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.8	189.7	339.4	473.3	565.1	597.7	565.1	473.3	339.4	189.7	57.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.6	216.4	392.8	551.3	660.2	698.9	660.2	551.3	392.8	216.4	62.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.9	217.1	365.2	494.9	583.0	614.1	583.0	494.9	365.2	217.1	80.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9

MES	MÁXIMA DIFUSA
Enero	108
Febrero	108
Marzo	110
Abril	114
Mayo	118
Junio	121
Julio	121
Agosto	121
Septiembre	117
Octubre	112
Noviembre	109
Diciembre	107
Promedio	114

RADIACIÓN SOLAR MÁXIMA DIFUSA																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Horas con mas de 120
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.3	96.8	113.2	114.3	110.0	107.7	110.0	114.3	113.2	96.8	54.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.3	101.4	116.0	115.8	110.9	108.4	110.9	115.8	116.0	101.4	61.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.8	107.7	120.4	118.8	113.1	110.4	113.1	118.8	120.4	107.7	69.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	76.1	111.4	123.1	121.7	116.4	113.9	116.4	121.7	123.1	111.4	76.1	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	69.6	101.8	116.1	119.5	118.5	117.6	118.5	119.5	116.1	101.8	69.6	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	67.1	98.6	114.3	120.0	120.8	120.7	120.8	120.0	114.3	98.6	67.1	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	69.0	101.7	117.1	121.8	121.8	121.3	121.8	121.3	101.7	69.0	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	61.6	95.6	113.1	119.9	121.3	121.3	121.3	119.9	113.1	95.6	61.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.4	95.9	112.9	117.7	117.3	116.5	117.3	117.7	112.9	95.9	59.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.3	93.8	110.8	114.5	112.9	111.7	112.9	114.5	110.8	93.8	55.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.3	92.6	110.1	113.2	110.8	109.2	110.8	113.2	110.1	92.6	51.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.4	99.1	115.5	115.4	109.9	107.1	109.9	115.4	115.5	99.1	54.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.9	99.7	115.1	117.6	115.3	113.8	115.3	117.6	115.1	99.7	62.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

Tabla 3.4. Radiación máxima total, máxima directa y máxima difusa.

Fuente: Fuentes (s.f.b.), modificada por autor.

En la tabla 3.4 la radiación horaria ha sido calculada para determinar en qué horas hay radiación. Los rangos utilizados son los siguientes: 0 (sin radiación); de 0 a 120 W/m²; de 120 a 500 W/m²; de 500 a 700 W/m²; y mayor a 700 W/m².

En la radiación total horaria, se encontró que la mayor parte del año se da una radiación mayor a 500 W/m², la cual se presenta en los siguientes periodos: en enero de las 10 a las 14h; en el periodo de febrero a abril y el mes de diciembre, de 9 a 15 h; y en el periodo de mayo a noviembre de las 10 a las 14h.

En cuanto en la radiación directa durante todo el año, se da una radiación mayor a 500W/m² y se presenta en los siguientes periodos: de diciembre a abril de las 10 a las 14h; en mayo, de 11 a 13h; en junio a las 12h; en el mes de julio y el

periodo de septiembre a noviembre se presenta de las 11 a las 13h; y el mes de agosto tiene radiaciones menores de 500 W/m².

La radiación difusa, al contrario que la radiación directa, durante la mayor parte del año es menor de 120 W/m². Únicamente en los siguientes periodos se presento una radiación mayor a los 120 W/m²: en marzo a las 9 y 15h; en abril, a las 9, 10, 14, 15h; en el periodo de junio y agosto, de las 11 a las 13h; y en julio de 10 a 14h.

3.5 Resumen de estrategias

3.5.1 Indicadores Mahoney

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
El Grado de la Humedad 4 se refiere a que la humedad relativa media es >70%		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Los límites de confort diurno (definidos por el grupo de humedad y la temperatura media anual)	superior	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	inferior	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Estrés Térmico Por arriba del confort (cálido) = C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Los límites de confort nocturno (definidos por el grupo de humedad y la temperatura media anual)	superior	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	inferior	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Definir el Estrés Térmico Por arriba del confort (cálido) = C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Definir si la Precipitación mensuales mayor a 150 mm						SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	

Tabla 3.5. Tabla de resultados mensuales de los indicadores Mahoney.

Fuente: Fuentes (2002a), modificada por autor.

Los indicadores Mahoney fueron diseñados por Carl Mahoney con la finalidad de diseñar viviendas adecuadas para países tropicales. Estos indicadores consisten en llenar unas tablas basadas en datos climáticos mensuales del lugar de estudio y luego, para poder así obtener parámetros de diseño adecuados para la región, llenar otras tablas basadas en lineamientos establecidos por Mahoney.

Los indicadores Mahoney se basan en los datos de: temperaturas, humedad relativa, oscilación térmica y precipitación; estos datos nos permiten obtener las estrategias o recomendaciones de diseño adecuadas para el lugar de estudio.

[illegible]

Ventilación.- Habitación de una galería con ventilación constante.

Tamaño de aperturas.- Aperturas grandes, de 50–80%.

Posición de aperturas.- En muros norte y sur, a la altura de los ocupantes en barlovento.

Muros y pisos.- Ligeros (baja capacidad).

Techumbre.- Ligera, reflejantes con cavidad.

Espacios nocturnos exteriores.- Grandes drenajes pluviales.

3.5.2 Matriz de clima

CALIDO SECO	CALIDO	CALIDO HUMEDO	TEMPLADO SECO	TEMPLADO	TEMPLADO HUMEDO	SEMI-FRIO SECO	SEMI-FRIO	SEMI-FRIO HUMEDO	ESTRATEGIAS	DIRECTO - INDIRECTO		DIAGRAMA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
									D	RADIACION SOLAR DIRECTA														
									C	RADIACION SOLAR INDIRECTA														
									I	PROTECCION DEL VIENTO														
									D	CONDENSACION DE AGUA														
									E	AISLAMIENTO DE CALOR	DIA													
											NOCHE													
									I	VENTILACION NATURAL	DIA													
											NOCHE													
									D	VENTILACION FORZADA	DIA													
											NOCHE													
									I	PROTECCION SOLAR	6 a 8 AM - DIA													
											RESTO DIA													
									D	ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO														
									D	SISTEMAS RADIATIVOS														
									I	CALENTAMIENTO DIRECTO	6 a 8 AM - DIA													
											RESTO DIA													
									D	CALENTAMIENTO INDIRECTO														
									I	VENTILACION INDUCIDA	6a 12 AM - DIA													
											19 a 5 - NOCHE													
									D	SISTEMAS EVAPORATIVOS														
									H	VENTILACION INDUCIDA														

Tabla 3.7. Matriz de clima.

Fuente: Fuentes (s.f.c), modificada por autor.

La matriz de clima es un resumen de las estrategias que se deben aplicar mes a mes. En las primeras columnas se determina el tipo de clima; luego en las dos columnas siguientes se clasifican las estrategias según su función y forma de aplicación, directa o indirecta; después de esta clasificación viene el desglose de estrategias; y por último, se define el periodo en que se va a aplicar la estrategia y en qué mes.

Esta matriz nos permite ver claramente qué estrategias son las adecuadas para la ciudad de Panamá, dichas estrategias se describen a continuación.

Las estrategias adecuadas para la ciudad de Panamá son: aislamiento de calor y ventilación natural durante todo el año; ventilación forzada de diciembre a abril; protección solar durante todo el año, exceptuando las primeras horas de la mañana de los meses de diciembre a marzo; calentamiento directo únicamente las primeras horas del día de diciembre a marzo; y por último, ventilación inducida de mayo a diciembre, de las 6 a las 12 horas y de las 19 a las 5 horas.

3.5.3 Ciclos estacionales

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Temperatura													
	TEMP. DENTRO DE ZONA DE CONFORT (23.52 A 28.52°C)												CÁLIDO
Humedad													
	MAIOR DEL 70% ALTO												ALTA
Precipitación													
	BAJA			MEDIA		ALTA (MAS DE 150MM POR MES)						MEDIA	ALTA
Radiación													
	ALTA				MEDIA							ALTA	MEDIA
Nubosidad													
Insolación													
Días-Grado Generales													
	REQUERIMIENTO DE ENFRIAMIENTO												R. ENFRIAMIENTO
Viento													
	NE				NO					SO			NO
Temperatura - oscilación (EVANS)													V. C/ V. S.
	FUERA DE CONFORT				EN CONFORT EN CIRCULACIONES EXTERIORES							NO CONFORT	VENT. CRUZADA Y SELECTIVA
	VENTILACION SELECTIVA				VENTILACION CRUZADA							V. SELECTIVA	
Índice ombrotérmico													HÚMEDO
	SECO				HÚMEDO								HÚMEDO
Temperatura efectiva corregida													V
	VENTILACION CONTROLADA				VENTILAR A 1.5 M/S							VENTILACION CONTROLADA	VENTILACION
Indicadores de Mahoney													
	VENTILACION CONSTANTE Y SOMBRADO TOTAL Y PERMANENTE												VENTILACION Y SOMBRADO
	PROTECCION CONTRA LA LLUVIA												
Carta Bioclimática													
	CALENTAMIENTO EN LA MAÑANA			VENTILAR	DESHUMIDIFICAR EN LA MAÑANA - RESTO DEL DIA VENTILAR Y SOMBRAR							HUMID Y CALOR	DESHUMID. EN LA MAÑANA
	RESTO DEL DIA VENTILAR Y SOMBRAR			SOMBRAR								RESTO DEL DIA VENTILAR Y SOMBRAR	RESTO DEL DIA VENTILAR Y SOMBRAR
Diagrama Psicrométrico													V
	NO ESTIVAR / CALIENTE S. P. EN LA MAÑANA				VENTILACION DURANTE LA MAYOR PARTE DE DIA								VENTILACION
					NINGUNA ESTRATEGIA POR LA MAÑANA								
Tormentas eléctricas													
	tormentas eléctricas (> 3 días)												protección
Influencia de tormenta ciclónica o huracán													
	Influencia ciclónica o de huracán												protección
Estaciones													
	Invierno			Primavera			Verano			Otoño			

Tabla 3.8. Ciclos estacionales.
Fuente: Fuentes (s.f.d), modificada por autor.

Los ciclos estacionales son un resumen mensual de todo el análisis climatológico y bioclimático que se ha realizado. A continuación se describe cada punto que trata los ciclos estacionales:

Temperatura:

Durante todo el año la temperatura media es cálida, pero está dentro de la zona de confort que es de 23.52 a 28.52°C.

Humedad:

Durante todo el año la humedad es alta, está por encima del 70%.

Precipitación:

De enero a marzo, la precipitación es baja; en abril, es media; de mayo a noviembre, es alta ya que pasa de los 150 mm por mes; y en diciembre, vuelve a ser media.

Radiación:

De diciembre a abril, la radiación es alta, el resto del año es media.

Días-Grados:

Durante todo el año hay requerimiento de enfriamiento.

Viento:

De enero a abril, los vientos predominantes vienen del noreste; de mayo a septiembre vienen de noroeste, al igual que en noviembre y diciembre; octubre es el único mes donde el viento viene del suroeste.

Temperatura-Oscilación (Evans):

De diciembre a abril se está fuera de confort, pero de diciembre a marzo se puede llegar al confort por medio de la ventilación selectiva; en abril hay que utilizar climatización artificial; de mayo a noviembre se está en confort en espacios exteriores, pero en octubre y noviembre se puede obtener confort interior con ayuda de la ventilación cruzada.

Índice ombrotérmico:

Los primeros meses del año, de enero a abril, son secos y el resto de año son meses húmedos.

Temperatura Efectiva Corregida:

De octubre a febrero es preferible tener una ventilación controlada debido a que, con una velocidad de viento de 1.5m/s, la temperatura baja mucho y queda por debajo de la zona de confort; en los meses de marzo a septiembre se recomienda ventilar con esta velocidad ya que la temperatura, al bajar, queda dentro del rango de confort.

Indicadores Mahoney:

Durante todo el año hay que aplicar las estrategias de ventilación constante y sombreado total y permanente. En los meses de mayo a noviembre, que es el periodo de lluvia, hay que tener protección contra ella.

Carta Bioclimática:

De enero a marzo las estrategias son, calentar en la mañana y ventilar y sombrear el resto del día; en abril hay que ventilar y sombrear; de mayo a noviembre, hay que deshumidificar en la mañana y el resto del día sombrear y ventilar; y en diciembre hay que calentar y deshumidificar en la mañana, y ventilar y sombrear el resto del día.

Diagrama Psicométrico:

De abril a enero se necesita ventilar durante la mayor parte del día, en las mañanas no hay estrategia que aplicar; en febrero y marzo se necesita calentamiento en las mañanas y ventilación el resto del día

Tormentas eléctricas:

Las tormentas eléctricas se han presentado, durante más de tres días, desde el mes abril, que es el mes de transición de la época seca al periodo de lluvias, hasta el mes de diciembre, que es la transición del periodo de lluvias a la época seca. Las tormentas se presentan durante todo el periodo de lluvias.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

4 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología de análisis descrita en este capítulo es la aplicada sobre los tres estudios de casos seleccionados dentro de la zona de estudio. La selección de los mismos y los resultados obtenidos para cada estudio se describen en el capítulo 5°.

4.1 Cálculo con confort-Ex (CONFEX)

Confort-Ex (CONFEX) es un programa desarrollado por el Dr. José Manuel Ochoa para calcular el balance térmico de la persona, que es el intercambio de calor de la persona con el espacio exterior. Por ende, este balance es considerado un índice analítico cuyos resultados se relacionan con la sensación de frío o de calor que tenga la persona.

CONFEX de Ochoa (2010), funciona para el cálculo del balance térmico de una persona en un punto específico y en una situación específica, por tal razón es recomendable plantear diferentes estudios de caso para tener puntos de comparación.

El programa relaciona los parámetros ambientales y arquitectónicos del sitio, así como datos fisiológicos de la persona. Los datos de entrada que se requieren en el programa son: actividad metabólica (W/m^2), aislamiento de ropa ($m^2\text{°C}/W$), permeabilidad de la ropa (s/m), albedo de la persona (%), transmisividad (%), albedo de los objetos (%), albedo del suelo (%), factor de vista de cielo (%), altura solar (grados), temperatura ambiental ($^{\circ}C$), humedad relativa (%), radiación total (W/m^2), radiación difusa (%), velocidad de viento (m/s), temperatura de los objetos ($^{\circ}C$) y temperatura del suelo ($^{\circ}C$).

Con estos datos, se calculará la ecuación del balance térmico de la persona (Ochoa, 2009):

$$B = M + R_a + C - E - R_e$$

Variables:

B= Balance térmico de la persona (W/m^2).

M= Calor metabólico liberado por la persona (W/m^2).

R_a= Radiación solar y de onda larga absorbida (W/m^2).

C= Calor sensible perdido o ganado por convección (W/m^2).

E= Calor perdido por evaporación (W/m^2).

R_e= Radiación de onda larga emitida (W/m^2).

Para el análisis de los estudios de casos de espacios exteriores de la Ciudad de Panamá, se utilizó CONFEX de Ochoa (2010), con los datos de temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%), radiación total (W/m^2), radiación difusa (%) y velocidad de viento (m/s), que se obtuvieron del análisis climático de la Ciudad de Panamá; el resto de los datos se obtuvieron de los cálculos que se describirán en los siguientes puntos.

4.1.1 Datos según actividad metabólica, tipo de vestimenta y albedos

Los datos sobre actividad metabólica (W/m^2), aislamiento de ropa (s/m), permeabilidad de la ropa, albedo de la persona (%), albedo de los objetos (%) y albedo del suelo (%), son necesarios para correr el programa CONFEX de Ochoa (2010). A continuación se describirá cómo se obtuvo cada uno de estos datos.

4.1.1.1 Actividad metabólica

Dependiendo de la actividad metabólica que se realice, las personas estarán liberando calor metabólico ya sea por medio de la respiración o través de la de la piel.

En los tres estudios de caso se consideró que la persona estaría caminando lentamente así que la actividad metabólica fue de $180 \text{ W}/\text{m}^2$.

Actividad	W/m^2
Durmiendo	50
Descansando	60
Sentado/de pie	90
Trabajando en una mesa o conduciendo	95
De pie, trabajo ligero	120
Caminando lentamente (4km/h)	180
Caminando moderadamente (5.5 km/h)	250
Actividad intensa intermitente	600

Tabla 4.1. Actividades metabólicas.

Fuente: Ochoa (2009).

4.1.1.2 Características de la ropa

La vestimenta que traiga la persona influye en el balance térmico de la misma. Para los estudios de caso se consideró que la persona estaría vestida con polo, pantalones largos, calcetines, zapatos o botas; en consecuencia, el aislamiento de la ropa sería de $75 \text{ m}^2\text{°C/W}$ y la permeabilidad de 150 s/m .

Tipo de Ropa	Aislamiento de la Ropa ($\text{m}^2 \text{°C/W}$)	Permeabilidad de la Ropa (s/m)
Camiseta, pantalones cortos, calcetines, zapatillas deportivas	50	175
Polo, pantalones largos, calcetines, zapatos o botas	75	150
Polo, pantalones largos, calcetines, zapatos, anorak	100	100
Camisa m. larga, pantalones largos, calcetines, zapatos, anorak	125	65
Camisa m. larga, pantalones largos, calcetines, zapatos, suéter	175	125
Camisa m. larga, pantalones largos, calcetines, zapatos, suéter, anorak	250	50

Tabla 4.2. Características de la ropa.

Fuente: Ochoa (2009).

4.1.1.3 Albedos

El albedo es el porcentaje de radiación reflejada por una superficie con respecto a la radiación que incide. Para los estudios de caso, la ropa de la persona se consideró que fuera de colores claros, así el albedo de la persona fue de 50%.

En cuanto al albedo de los objetos, CONFEX de Ochoa (2010), se refiere albedo de los muros que están alrededor del área de estudio. Para los estudios de caso, se consideró que los muros de los edificios eran de concreto; por tal razón, el albedo sería de 50%. Refiriéndose al suelo, en los estudios de caso se consideró que fuera de concreto o estuviera cubierto por césped; en ambos casos el albedo fue de 30%

Color de la Ropa	Albedo (%)
Ropa Oscura	20
Ropa Media	37
Ropa Clara	50

Tabla 4.3. Albedos de la ropa.

Fuente: Ochoa (2009).

Vegetación	Albedo (%)
Césped	20-30
Campos verdes	3-15
Campos de trigo	15-25
Pradera	10-30
Chaparral	15-20
Pastizal	25-30
Bosque mixto	5-20
Caducifolias sin hojas	15
Caducifolias con hojas	20
Coníferas	5-16
Bosque pantanoso	12

Tabla 4.4. Albedos de vegetación.

Fuente: Ochoa (2009).

Superficies Urbanas	Albedo (%)
Asfalto	5-15
Hormigón	10-50
Pintura blanca	50-90

Tabla 4.5. Albedos de superficies urbanas.

Fuente: Ochoa (2009).

4.1.2 Cálculo de datos de transmisividad

La transmisividad es el porcentaje de radiación incidente que pasa a través de un cuerpo. Cuando la radiación llega a un área sin ningún tipo de obstrucción la transmisividad es de 100%; si la radiación pasa a través de un cuerpo (ej. vegetación) antes del llegar al área de estudio, la transmisividad dependerá del porcentaje de radiación que deje pasar dicho cuerpo.

Como ya se ha mencionado, se hicieron dos evaluaciones con CONFEX de Ochoa (2010), para cada estudio de caso una sin vegetación y otra con vegetación. En ambas evaluaciones, para la transmisividad se tomó en cuenta la sombra que generaban los edificios sobre el punto de estudio, donde iba a estar ubicada la persona; pero por efectos prácticos, debido a que la vegetación sería la

variable que estaría o no presente en las evaluaciones, se les llamó evolución con 100% de transmisividad (cuando no había vegetación) y 50% de transmisividad (cuando había vegetación). Esta última se llamó de esta manera debido a que la vegetación utilizada sólo dejaba pasar el 50% de radiación incidente sobre el área de estudio.

Para obtener estos datos de transmisividad, es necesario obtener el porcentaje de sombra que genera un cuerpo sobre el punto de estudio. Se utilizó el programa ECOTECT (2010) para obtener los porcentajes de sombreado sobre un punto específico. A continuación se describe, paso a paso, cómo se obtuvieron los porcentajes de transmisividad.

4.1.2.1 Datos climáticos y modelado en ECOTECT

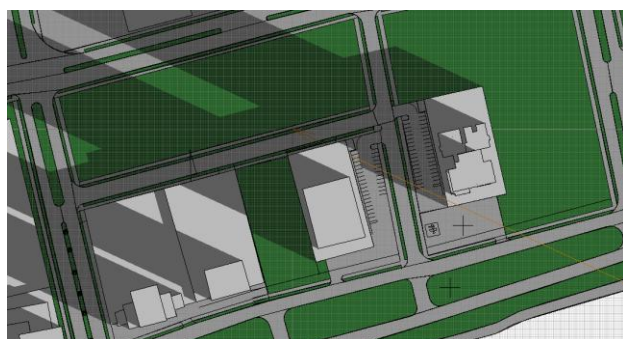


Figura 4.1. Vista en planta del modelado.



Figura 4.2. Vista en elevación del modelado.

Fuente de fig. 4.1 y 4.2: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

El primer paso para el cálculo de la transmisividad, es introducir los datos climáticos en una herramienta de ECOTECT (2010), llamada WEATHER TOOL (2010), para crear un archivo climático que se utilizó como base de datos para las evaluaciones. El siguiente paso fue modelar en ECOTECT (2010) las áreas de estudio de los tres estudios de caso.

4.1.2.2 Modelado de la vegetación

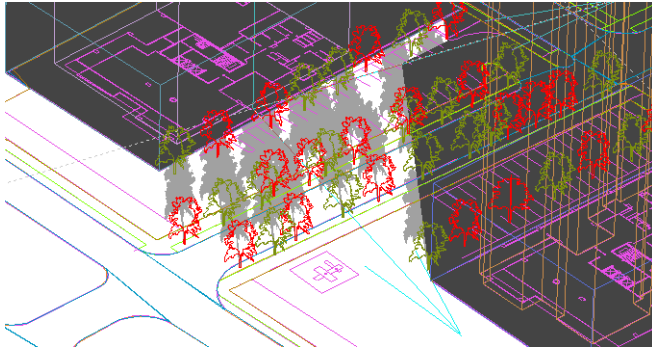


Figura 4.3. Los árboles en DXF generando sombra.



Figura 4.4. Árboles con 50 % de transmisividad.

Fuente de fig. 4.3 y 4.4: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

Al tener en ECOTECT (2010) el modelado de las tres áreas de estudio, se pasó al modelado de la vegetación. Se dibujó un árbol en AUTOCAD (2010) y se pasó a formato DXF para poderlo manejar en ECOTECT (2010). Al introducirlo en este programa, se le dieron características de 9 m de altura y 8 m de diámetro y una transmisividad del 50%.

4.1.2.3 Porcentaje de sombreado

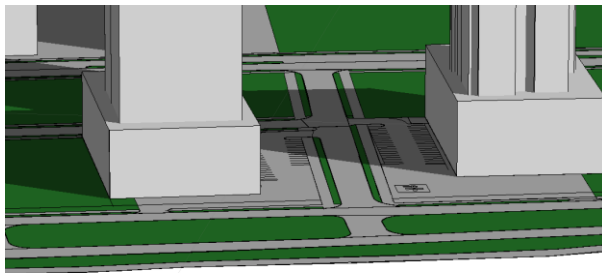


Figura 4.5. Sombreado sin vegetación.

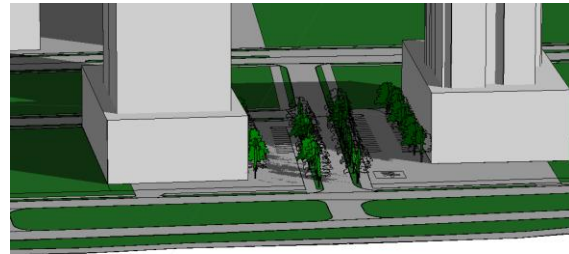


Figura 4.6. Sombreado con vegetación.

Fuente de fig. 4.5 y 4.6: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

Al tener el modelado de las tres áreas de estudio, se seleccionó un punto en cada una de ellas donde se ubicó a la persona; para realizar las evaluaciones y de esta forma se determinaría cuándo recibe o no sombra la persona.

La primera evaluación fue sin vegetación (100% de transmisividad), para determinar cuándo los edificios sombreaban a la persona; otra evaluación se hizo con vegetación (50% de transmisividad), para determinar cuándo los edificios y la vegetación sombreaban a la persona. Como la persona está sobre el suelo el dato

de transmisividad¹ utilizado en CONFEX Ochoa (2010) se determina con base a esta superficie.

Tabulated Daily Solar Data

Latitude: 9.1° Date: 21st January Local Correction: -28.8 mins
Longitude: -79.4° Julian Date: 21 Equation of Time: -11.2 mins
TimeZone: -5.0hrs Sunrise: 06:42 Declination: -20.3°
OBJECT No.: 12374 Sunset: 18:15 Orientation: 62.7°

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	HSA	VSA	Shading
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
07:00	(06:31)	111.3°	4.1°	48.6°	6.1°	100%
07:30	(07:01)	112.8°	10.9°	50.1°	16.8°	100%
08:00	(07:31)	114.8°	17.7°	52.1°	27.5°	100%
08:30	(08:01)	117.2°	24.4°	54.5°	38.0°	100%
09:00	(08:31)	120.3°	30.9°	57.6°	48.1°	50%
09:30	(09:01)	124.1°	37.1°	61.4°	57.7°	50%
10:00	(09:31)	129.0°	43.1°	66.3°	66.8°	75%
10:30	(10:01)	135.4°	48.6°	72.7°	75.3°	75%
11:00	(10:31)	143.5°	53.4°	80.8°	83.2°	50%
11:30	(11:01)	153.9°	57.3°	91.2°	90.8°	0%
12:00	(11:31)	166.5°	59.8°	103.8°	97.9°	0%
12:30	(12:01)	-179.4°	60.6°	117.9°	104.7°	0%
13:00	(12:31)	-165.4°	59.7°	131.9°	111.4°	0%
13:30	(13:01)	-153.0°	57.0°	144.4°	117.8°	100%
14:00	(13:31)	-142.8°	53.1°	154.5°	124.2°	100%
14:30	(14:01)	-134.8°	48.2°	162.5°	130.5°	100%
15:00	(14:31)	-128.6°	42.6°	168.7°	136.8°	100%
15:30	(15:01)	-123.8°	36.6°	173.5°	143.2°	100%
16:00	(15:31)	-120.0°	30.3°	177.3°	149.6°	100%
16:30	(16:01)	-117.0°	23.8°	-179.7°	156.2°	100%
17:00	(16:31)	-114.6°	17.2°	-177.3°	162.8°	100%
17:30	(17:01)	-112.7°	10.4°	-175.4°	169.6°	100%
18:00	(17:31)	-111.2°	3.5°	-173.9°	176.5°	100%

Tabla 4.6. Porcentajes de sombreado horario.

Fuente: Análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

¹ La transmisividad es el porcentaje de radiación incidente que pasa a través de un cuerpo. Cuando la radiación llega a un área sin ningún tipo de obstrucción la transmisividad es de 100% pero si pasa a través de un cuerpo vegetal antes de llegar a el área, la transmisividad dependerá de cuanta radiación deo pasar el follaje del árbol.

En ambas evaluaciones (sin y con vegetación) se obtuvieron tablas de porcentaje sombreado (ver tabla 4.6) y con estos datos se determinó la transmisividad.

Los porcentajes de estas tablas indican cuando y cuanto del total de la superficie está en sombra. Por ejemplo, si el porcentaje de sombreado es de 75% esto quiere decir que 75% del total de la superficie esta en sombra; si el porcentaje de sombreado es de 100% quiere decir que el total de la superficie esta en sombra.

Con base a esta información se compararon las tablas de sombreados obtenidas de las dos evaluaciones (sin y con vegetación), lo que permitió determinar cuando los edificios o los arboles sombreaban el suelo. Por ejemplo, si a determinada hora, en la evaluación sin vegetación, se obtuvo que el sombreado de la superficie es de 0% y en la evaluación con vegetación esta misma superficie tiene 75% de sombreado, esto quiere decir que 75% del total de la superficie está sombreado por árboles. Pero si a otra hora, en la evaluación sin vegetación, se obtuvo que el sombreado de la superficie es de 80% y en la evaluación con vegetación esta misma superficie tiene 80%, esto quiere decir que 80% del total de la superficie está sombreada por edificios.

Al comparar las tablas de sombreado de ambas evaluaciones y establecer cuando los edificios o los arboles sombrean a la superficie, se paso a determinar el porcentaje de transmisividad.

Los criterios que se siguieron son: Si los arboles generan sombra sobre la superficie entonces la transmisividad es de 50%², si los edificios son los que sombrean la superficie entonces la transmisividad es de 0% y si ninguno de estos elementos generan sombra entonces la transmisividad es de 100%.³

² En el caso de esta investigación se ésta utilizando arboles con transmisividad de 50%, pero esta puede variar dependiendo del follaje del árbol.

³ Los criterios se basan en la informacion de Ochoa (2010b): Si la superficie tiene un 100% de sombreado, la transmisividad será de 0% debido a que la superficie no está recibiendo radiación; si el sombreado es 0%, la transmisividad será de 100% ya que está incidiendo radiación directamente sobre la superficie.

4.1.3 Cálculo del factor vista del cielo (SVF)

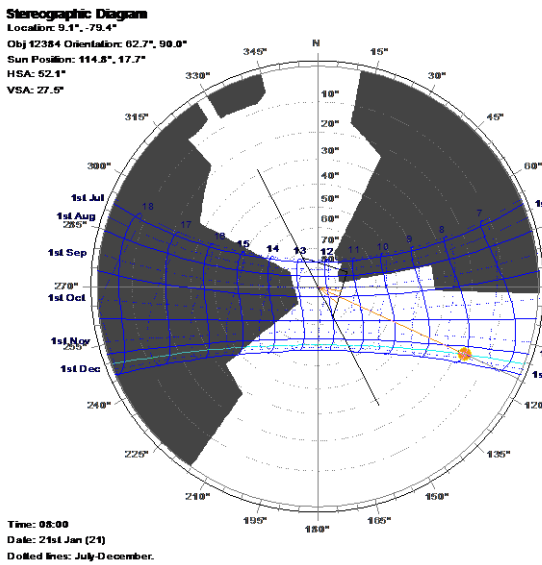


Figura 4.7. Factor vista del cielo sin vegetación.

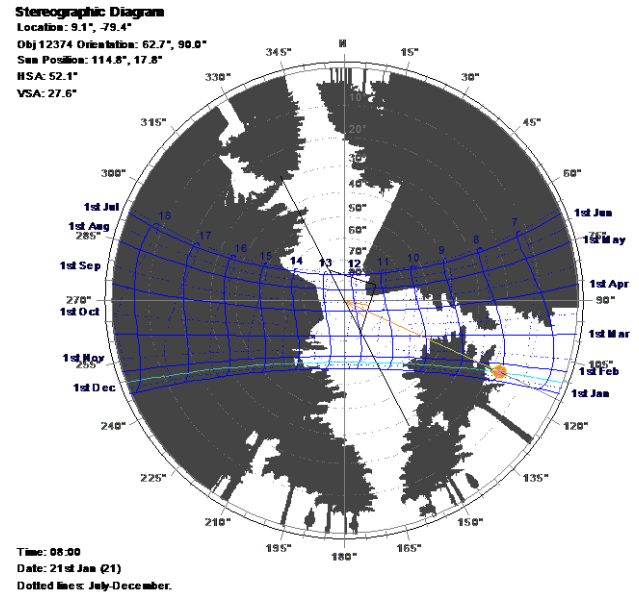


Figura 4.8. Factor vista del cielo con vegetación.

Fuente de fig. 4.7 y 4.8: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

El factor vista del cielo (*sky view factor*), es el área de la bóveda celeste que no tiene obstrucciones, dicho factor se da en porcentajes. Para cada estudio de caso se calculó este, para ello se fijó el punto donde estaría ubicada la persona para cada uno de estos estudios y con ECOTECT (2010) se obtuvo la gráfica estereográfica y se determinó cuánta área de la bóveda celeste estaba sin obstrucciones. En las figs. 4.7 y 4.8, se puede apreciar el SVF del punto ubicado en la mitad de la calle con y sin vegetación.

4.1.4 Cálculo de la temperatura de los objetos y el suelo

En cuanto a la temperatura de los objetos, CONFEX de Ochoa (2010), refiere temperatura de los muros que están alrededor del área de estudio. Los estudios de caso pueden involucrar dos o más muros por lo tanto se tendrá que sacar un promedio de las temperaturas de dichos muros. La temperatura del suelo se refiere a la temperatura de la superficie sobre donde está ubicado el punto de la evaluación para cada estudio de caso.

Para el cálculo de la temperatura de los objetos y el suelo, es necesario el cálculo de la temperatura sol-aire que viene a ser la temperatura que llegan a tener los objetos cuando reciben radiación. Se hicieron dos cálculos de temperatura sol-aire: uno que no contempló la transmisividad de la vegetación, así la radiación directa incidente llegaría a estas superficies casi en su totalidad; y el otro cálculo, donde se tomó la transmisividad de la vegetación.

Los árboles en los estudios de caso tienen una transmisividad de 50%, por lo tanto están dejando pasar 50% de la radiación incidente; entonces la radiación sobre la superficie será del 50% de total de la radiación directa. Por tal razón, para este cálculo de temperatura sol-aire se multiplicó el total de radiación directa por 0.5 y se utilizó este valor como radiación normal directa.

Ambos cálculos, con y sin vegetación, se realizaron para obtener la temperatura sol-aire, tanto de paredes y piso en ambas condiciones. Estos cálculos se hicieron para un horario de las 6 a las 18 horas del día 21 de cada mes, así como del día más caliente, el 16 de marzo.

La temperatura, tanto de los objetos como del suelo, está determinada por la transmisividad. Así que el proceso del cálculo de la transmisividad, descrito anteriormente, fue aplicado para cada una de las superficies involucradas en los estudios de caso, independientemente si son paredes o suelo.

Si la transmisividad es del 0%, la temperatura de la superficie será igual a la temperatura ambiente mientras que si la transmisividad es de 100%, la temperatura de la superficie será igual a la temperatura sol-aire calculada sin vegetación. Cuando la superficie está sombreada por vegetación con una transmisividad de 50%, la temperatura de la superficie será igual a la temperatura sol-aire calculada con vegetación de 50% de transmisividad.

Al obtener la transmisividad, con y sin vegetación, tanto de muros como suelo, se pudo obtener la temperatura de los objetos y del suelo para cada una de las evaluaciones con CONFEX de Ochoa (2010).

4.1.4.1 Temperatura sol-aire

Para obtener la temperatura de los objetos que rodean a la persona en el punto de estudio y la temperatura del suelo donde se encuentra parada esta persona, es necesario calcular la temperatura sol-aire de estas superficies. La temperatura sol-aire se define como:

[...] La temperatura del aire al exterior, que en ausencia de todos los cambios de la radiación brinda el mismo rango de entrada de calor en la superficie así como la combinación de la radiación solar incidente, el intercambio de energía radiante con el cielo y los alrededores del exterior, y el intercambio de calor por convección con el aire exterior.(ASHRAE, 2005)

La temperatura sol-aire se calcula para determinado momento del día y ésta dependerá de la temperatura del aire exterior, las características del material de la superficie y la radiación total incidente sobre la superficie.

Para el cálculo de la temperatura sol-aire de las superficies involucradas en los estudios de caso, se realizó una hoja de cálculo que se describe a continuación:

DATOS GENERALES

LOCALIZACION				
Ciudad	Panamá			
Provincia	Panamá			
Latitud (L)	9° 03'	grados	9.05	decimales
Longitud	79° 22'	grados	79.37	decimales
Altitud	14	msnm		
FECHAS				
Mes	1	mes		
Día	21	día		
Día numero consecutivo (dn)	21	día consecutivo		

Tabla 4.7. Datos generales del lugar de estudio.

Fuente: HCSA⁴ con base en ecuaciones de ASHRAE (2005), realizada por el autor.

En la tabla 4.7, se observan los datos generales que se colocaron en el inicio de la hoja de cálculo de la temperatura sol-aire de las superficies. Los datos importantes son: latitud, longitud, altitud y la fecha para las cual se está calculando la temperatura sol-aire.

⁴ Hoja de cálculo de temperatura sol-aire.

DATOS SOLARES

HORA SOLAR (AST) Y ANGULO HORARIO (H)		
Declinacion solar (δ)	-20.14	°grados decimal
Const. Solar aparente (A)	1202	
Coef. De extincion atmosferica (B)	0.141	
Factor sky diffuse (C)	0.103	
Hora aparente solar (AST)	8.000	
Angulo Horario (H)	-60.00	°grados decimal

Tabla 4.8. Datos de hora solar y ángulo horario.

Fuente: HCSA con base en ecuaciones de ASHRAE (2005), realizada por el autor.

En la tabla 4.8, se describen los datos solares que se utilizaron en el cálculo de la temperatura sol-aire. La constante solar aparente (A), el coeficiente de extinción atmosférica (B) y el factor cielo difuso (*sky diffuse*) (C), se obtuvieron del *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) y están estipulados para el día 21 de cada mes.

La hora aparente solar es equivalente a la hora solar por lo tanto el cálculo realizado se basa en la misma. En cuanto a la declinación solar y ángulo horario estos deben ser calculados. Las formulas utilizadas se describen a continuación.

Declinación solar.- Se calculó basándose en la Ecuación de Cooper, obtenida del ASHRAE (2005):

$$\delta = 23.45 \text{ sen } (360 \cdot (284 + n) / 365)$$

δ = Declinación solar

n= Número del día consecutivo del año

Ángulo horario.- Se calculó de acuerdo con las ecuaciones dadas por el ASHRAE (2005):

$$H = 15 \cdot (AST - 12)$$

H= Ángulo horario

AST= Hora solar

ÁNGULOS SOLARES Y ÁNGULOS DE INCIDENCIA

ANGULOS SOLARES			
Seno de altura solar (seno β)	0.41		
Altitud solar (β)	24.17		
Seno de acimut solar(ϕ)	0.45		
Acimut solar(ϕ)	63.03		
Acimut solar de la superficie ?	$\phi - \Psi$	azimut de la superf (Ψ)	
Angulo de inclinacion de la superficie respecto a la horizontal (Σ)			
Superficies verticales	90	°grados decimal	
Losa	0	°grados decimal	
ANGULOS DE INCIDENCIA ?			
	$\cos ? = \cos \beta * \cos ? * \sin \Sigma$		
Para superficies verticales	Coseno	Ángulo ?	angulo C o ?
Muro Sureste	0.59	54.12	50.03
Muro Suroeste	-0.70	134.36	140.03
Muro Noreste	0.68	47.29	41.97
Para superficies horizontales			
Losa	0.41	65.83	

Tabla 4.9. Datos de ángulos solares y de incidencia.

Fuente: HCSA⁵ con base en ecuaciones de ASHRAE (2005), realizada por el autor.

En la tabla 4.9, se muestran los datos necesarios para obtener los ángulos solares y de incidencia sobre la superficie. El cálculo de la altura solar y del acimut solar son clave para calcular los ángulos de incidencia solar sobre las superficies de estudio, que en este caso son el suelo y los muros SE, SO y NO. Éstas son todas las superficies involucradas en los tres estudios de caso que se explican en el próximo capítulo. Se calcularon los ángulos de incidencia sobre cada una de estas superficies para determinar la temperatura sol-aire que tendrían a cada hora del periodo de las 6 a las 18 horas.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo de la **altura solar, acimut y ángulo de incidencia** fueron obtenidas del ASHRAE (2005). Dichas ecuaciones se describen a continuación:

Altura solar:

$$\sin \beta = \cos L \cos \delta \cos H + \sin L \sin \delta$$

⁵ Hoja de cálculo de temperatura sol-aire.

Acimut:

$$\cos \varphi = (\sin \beta \sin L - \sin \delta) / (\cos \beta \cos L)$$

Ángulo de incidencia:

$$\cos \theta = \cos \beta \cos \gamma \sin \Sigma + \sin \beta \cos \Sigma$$

Para el caso de superficies horizontales, el ángulo de incidencia será igual al ángulo cenital.

Variables:

β =altura solar

φ =acimut solar

L =latitud

δ =declinación solar

H =ángulo horario

θ =ángulo de incidencia

γ =ángulo que se forma entre la proyección horizontal del rayo solar y la de la orientación de la superficie (superficie y azimuth solar)

Σ = ángulo de inclinación de la superficie con respecto a la horizontal

RADIACIÓN

RADIACION NORMAL DIRECTA (E_{DN})		$E_{DN} = [A_{exp}(R/Sen\theta)]^{CM}$	
numero multiplicadro de claridad para localidades clear/seca o hazy/ humedas (CN)		0.791	
Radiacion normal directa (E_{DN})		207.92	W/m2
RADIACION DIRECTA DE LA SUPERFICIE (E_D)		$E_D = E_{DN} * Cos\theta$	
Para superficies verticales			
Muro Sureste		121.87	W/m2
Muro Suroeste			W/m2
Muro Noreste		141.03	W/m2
Para superficies horizontales			
Losa		85.13	W/m2
Radio Y de sky diffuse en superficies verticales a sky diffuse en superficies horizontales			
Para superficies verticales		$Y = 0.55 + 0.437 * cos\theta + 0.313 * cos^2\theta$	
Muro Sureste	0.91		
Muro Suroeste	0.45		
Muro Noreste	0.99		
RADIACION DIFUSA (E_d)		$E_d = C * Y * E_{DN}$	
Para superficies verticales			
Muro Sureste		19.57	W/m2
Muro Suroeste		9.64	W/m2
Muro Noreste		21.21	W/m2
Para superficies horizontales			
Losa inclinada		21.42	W/m2
RADIACION REFLEJADA POR EL PISO (E_r)		$E_r = E_{DN} * (C + Sen\theta) * (1 - Cos\theta) / 2$	
Para superficies verticales			
Muro Sureste		13.32	W/m2
Muro Suroeste		13.32	W/m2
Muro Noreste		13.32	W/m2
Para superficies horizontales			
Losa		0.00	W/m2
TOTAL DE RADIACION DE LA SUPERFICIE (E_t)		$E_t = E_D + E_d + E_r$	
Para superficies verticales			
Muro Sureste		154.76	W/m2
Muro Suroeste		22.96	W/m2
Muro Noreste		175.56	W/m2
Para superficies			
Losa inclinada		106.55	W/m2

Tabla 4.10. Datos de radiación directa, radiación difusa, radiación reflejada por el piso y radiación total.

Fuente: HCSA⁶ con base en ecuaciones de ASHRAE (2005), realizada por el autor.

⁶ Hoja de cálculo de temperatura sol-aire.

La tabla 4.10, muestra la radiación normal directa, la radiación directa de la superficie, el radio Y, la radiación difusa, la radiación reflejada por el piso y la total radiación de la superficie.

La total radiación de la superficie es el resultado de la suma de la radiación directa de la superficie, la radiación difusa y la radiación reflejada por el piso. Esta radiación total, al ser la sumatoria de todas las radiaciones que inciden en determinada superficie, es la radiación que se utiliza para el cálculo de la temperatura sol-aire de dicha superficie.

De este modo, para obtener la temperatura sol-aire del suelo y los muros SE, SO y NO, que son los elementos involucrados en los estudios de caso, se calculó la total radiación de cada una de estas superficies.

Radiación normal directa

La radiación normal directa se calculó en base a la siguiente ecuación dada por el ASHRAE (2005):

$$\text{Si } \beta > 0 \text{ entonces } E_{DN} = \{A/\exp(B/\text{Sen}\beta)\}CN \text{ si no } E_{DN} = 0$$

Radiación directa de la superficie

La ecuación de radiación directa de la superficie fue dada por el ASHRAE (2005):

$$\text{Si } \cos \theta > 0 \text{ entonces } E_D = E_{DN} \cos \theta \text{ si no } E_D = 0$$

Radio Y

La siguiente ecuación del radio Y de *sky diffuse* en superficies verticales a *sky diffuse* en superficies horizontales fue obtenida del ASHRAE (2005):

$$\text{Si } \cos \theta > -0.2 \text{ entonces } Y = 0.55 + 0.437 * \cos \theta + 0.313 * \cos^2 \theta \text{ si no } Y = 0.45$$

Radiación difusa

Las siguientes formulas de radiación difusa fueron obtenidas del ASHRAE:

- Para superficies verticales:

$$E_d = C \cdot Y \cdot E_{DN}$$

- Para superficies que no sean verticales:

$$E_d = C \cdot E_{DN} \cdot (1 + \cos \Sigma) / 2$$

Radiación reflejada por el piso

La radiación reflejada por el piso se calculó de acuerdo con la ecuación dada por el ASHRAE (2005):

$$E_r = E_{DN} (C + \sin \beta) \rho_g (1 - \cos \Sigma) / 2$$

Total de radiación de la superficie

El total de radiación de la superficie se calculó de acuerdo con la ecuación dadas por el ASHRAE (2005):

$$E_t = E_D + E_d + E_r$$

Variables:

β = Altura solar

E_{DN} = Radiación normal directa

A = Constante solar aparente

B = Coeficiente de extinción atmosférica

CN = Número de claridad atmosférica

E_D = Radiación directa de la superficie

θ = Ángulo de incidencia

Y = Radio Y, del cielo difuso (*sky diffuse*) en superficies verticales; al cielo difuso (*sky diffuse*) en superficies horizontales

E_d = Radiación difusa

C = Factor de cielo difuso (*sky diffuse*)

Σ = Ángulo de inclinación de la superficie con respecto a la horizontal

E_r = Radiación reflejada por el piso

P_g = Reflectividad del piso

E_t = Total de radiación de la superficie

*Las variables A, B y C son valores dados por ASHRAE (2005) para el día 21 de cada mes. El valor P_g se obtuvo de la tabla *Solar Reflectances of Foreground Surface* del ASHRAE (2005) y son valores de reflectividad de piso los cuales dependen del ángulo de incidencia.

*El valor CN no se pudo obtener como tal para la Ciudad de Panamá así que, el valor horario de la radiación directa que se había calculado para el análisis climático fue del que se estimó el valor CN.

En el caso de que existiera vegetación que sombreara la superficie de la cual se desea obtener la temperatura sol-aire, se debe tomar en cuenta la transmisividad del árbol, es decir, el porcentaje de radiación que deja pasar para el cálculo del valor CN. La transmisividad que tenga este árbol dependerá de la densidad del follaje del mismo.

TEMPERATURA SOL-AIRE DE CADA SUPERFICIE

TEMPERATURA SOL AIRE (t_o)	$t_o = t_o + \alpha E_t / h_o + \epsilon \Delta R / h_o$			
	Temp. del aire ext.	Absort. de la superf.	Total radiac. Incidt.	Coef. transf. calor
Para superficies verticales	t_o (°C)	α	E_t (W/(m ² .K))	h_o (W/(m ² .K))
Muro Sureste	22.65		154.76	
Muro Suroeste	22.65		22.96	
Muro Noreste	22.65		175.56	
			0.00	
Para superficies horizontales				
Losa inclinada	22.65		106.55	
Calculos				
Para superficies verticales	α/h_o (color oscuro)	α/h_o (color claro)	$\epsilon \Delta R/h_o$ (sup. Verti)	$\epsilon \Delta R/h_o$ (sup. horiz)
Muro Sureste	0.052	0.026	0	4
Muro Suroeste	0.052	0.026	0	4
Muro Noreste	0.052	0.026	0	4
	0.052	0.026	0	4
Para superficies horizontales				
Losa inclinada	0.052	0.026	0	4
Temperatura Sol - Aire (t_e)				
Para superficies verticales				
Muro Sureste	26.67	°C		
Muro Suroeste	23.25	°C		
Muro Noreste	27.22	°C		
		°C		
Para superficies horizontales				
Losa	21.42	°C		
Promedio de las temperatura sol aire de las superficies	25.23	°C		

Tabla 4.11. Datos de temperatura sol-aire.

Fuente: HCSA⁷ con base en ecuaciones de ASHRAE (2005), realizada por el autor.

La siguiente ecuación se utilizó para el cálculo la temperatura sol-aire y fue obtenida del ASHRAE (2005):

$$t_e = t_o + \alpha E_t / h_o + \varepsilon \Delta R / h_o$$

Variables:

t_o= Temperatura del aire exterior °C

α = Absortancia de la superficie por radiación solar

E_t= Total de la radiación incidente en la superficie

h_o= Coeficiente de transferencia de calor de onda larga de radiación y convección en la superficie exterior (transmisión)

ε= Emitancia hemisférica de la superficie

ΔR= Diferencia entre la radiación de onda larga incidente en la superficie proveniente del cielo y sus alrededores y la radiación emitida por un cuerpo oscuro a temperatura del aire

*De acuerdo con ASHRAE (2005), $\varepsilon \Delta R / h_o$ para superficie verticales tiene un valor de 0 K; mientras que para superficies horizontales tiene un valor de 4 K. De acuerdo al color de la superficie, α / h_o tiene un valor de 0.026 para superficies de color claro, mientras que tendrá un valor de 0.052 para superficies de color oscuro.

4.2 Evaluación e interpretación de resultados

4.2.1 Evaluación

Al realizar los cálculos anteriores se obtuvieron los datos necesarios para hacer las evaluaciones en CONFEX de Ochoa (2010). Se realizaron dos evaluaciones por cada estudio de caso, la primera evaluación se hizo como si el lugar no tuviera vegetación y en la segunda se tomó en cuenta la vegetación con una transmisividad de 50%.

Las evaluaciones se realizaron para el día 21 de cada mes, así como el 16 de marzo, que es el día más caliente, en horario de las 6 a las 18 horas; con los

⁷ Hoja de cálculo de temperatura sol-aire.

resultados de las evaluaciones se generó una matriz de balance térmico de la persona en el área de estudio con y sin vegetación.

También con los datos obtenidos de los cálculos de temperatura sol-aire, se pudieron hacer comparativas de cómo varía la temperatura de las superficies con y sin sombreado de la vegetación.

4.2.2 Interpretación de resultados

Para la interpretación de la matriz se está utilizando una relación del balance térmico de la persona como sensación de confort exterior.

Balance térmico de la persona (W/m^2)	Sensación de Confort Exterior	Interpretación
$B < -250$	3	Muy frío
$-250 < B < -150$	2	Frío
$150 < B < -50$	1	Ligeramente frío
$-50 < B < 50$	0	Confortable
$50 < B < 150$	-1	Ligeramente caluroso
$150 < B < 250$	-2	Caluroso
$250 < B$	-3	Muy caluroso

Tabla 4.12. Interpretación de balance térmico como sensación de confort exterior.

Fuente: Ochoa (2009).

CAPÍTULO 5: ESTUDIOS DE CASO

5 ESTUDIOS DE CASO

5.1 Selección de los estudios de caso

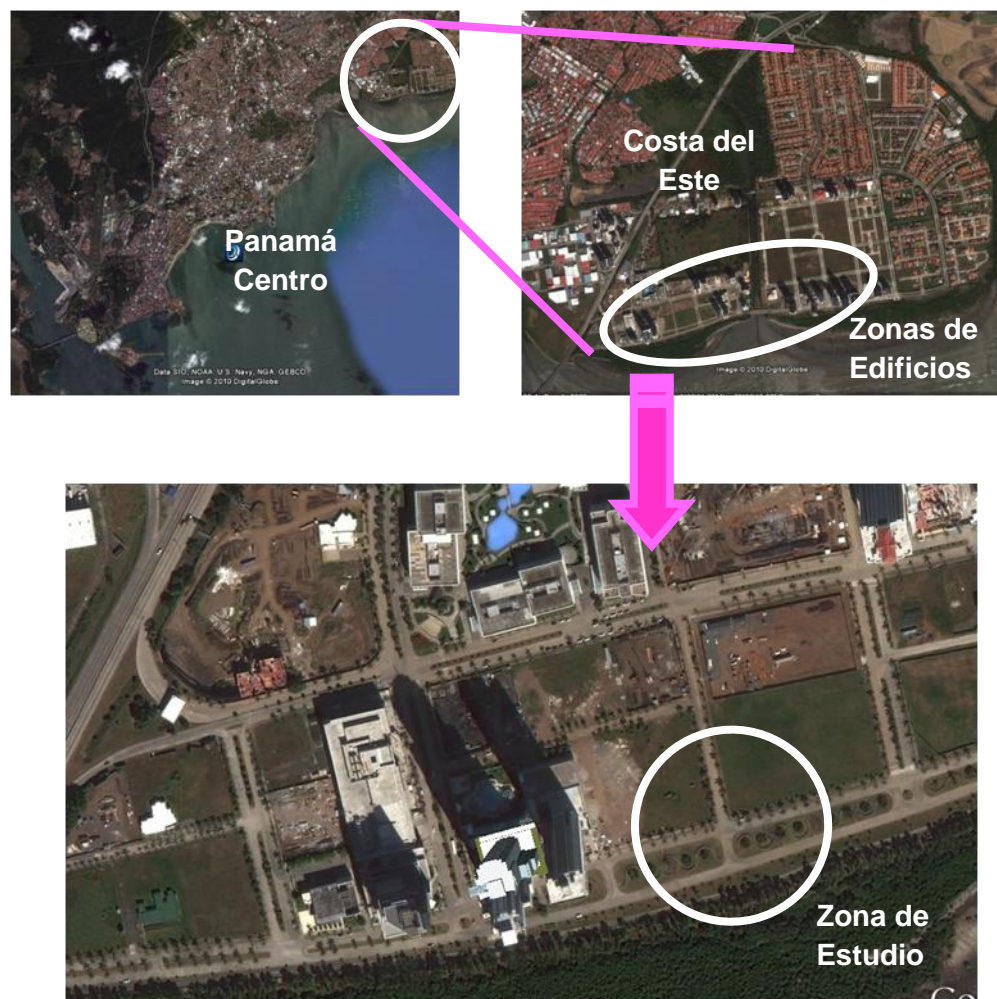


Figura 5.1. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Imagen de GE (2009), modificada por el autor.

En los capítulos anteriores se ha descrito la problemática que existe ante la ausencia de áreas verdes y espacios peatonales en la Ciudad de Panamá; por tal razón, es muy importante resaltar el impacto de la vegetación en los espacios exteriores. Para ello fue necesario seleccionar tres estudios de caso los cuales fueron analizados para determinar si la vegetación tiene o no impacto en el confort del peatón.

Para la selección de estos tres estudios de caso, se analizaron diferentes zonas de la Ciudad de Panamá buscando un área donde hubiera edificios y espacios peatonales adecuados, para realizar evaluaciones que permitieran medir el impacto de la vegetación sobre el confort del peatón. El hecho de que ya existieran los espacios peatonales era muy importante ya que permitía aplicar las recomendaciones obtenidas de las evaluaciones.

La búsqueda de esta área no fue tan sencilla, la Ciudad de Panamá ha crecido aglomerada y sin dejar espacios verdes y peatonales adecuados; por lo tanto, si en algún momento se decidiera colocar estas áreas para el confort del peatón sería muy difícil hacerlo realidad puesto que no hay espacio. Zonas como San Francisco y Calle 50 son un vivo ejemplo de esta problemática así que, como áreas para realizar los estudios de caso, fueron descartadas debido a que están ubicadas dentro de la ciudad.

Sin embargo, Costa del Este (ver fig. 5.1) es un sector de desarrollo relativamente nuevo, tiene una zona de edificios pero se están dejando zonas destinadas para la vegetación, por lo tanto se puede medir el impacto que tiene ésta sobre el confort de peatón. Por tal razón se seleccionó como el área donde se ubicarían los estudios de caso.

Al analizar la zona de edificios de Costa del Este (ver fig. 5.1), se constató que hay una avenida principal y que, a lo largo de la misma, se ubican edificios y las calles que se conectan con el resto de la urbanización están articuladas a esta avenida. Esta zona no está muy poblada pero se puede ver personas paseando, haciendo ejercicios o incluso caminando a su trabajo, porque también se permite un uso comercial en la zona.

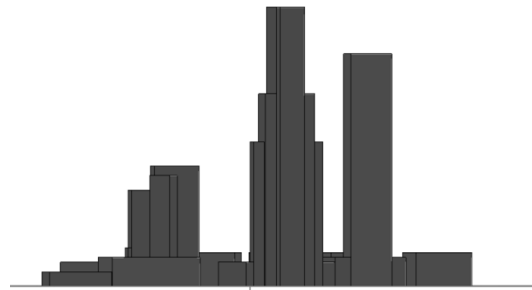


Figura 5.2. Planta y elevación de la zona de estudio donde se ubicarán los estudios de caso.

Fuente: Modelo y análisis en ECOTEC (2010), por el autor.

Tras el análisis de la zona, se decidió que los estudios de caso debían estar ubicados en una calle entre edificios (Estudio de caso 1), en una plaza o área peatonal (Estudio de caso 2), y en la avenida principal que tenía flujo peatonal (Estudio de caso 3). La localización de estos estudios de caso no fue tan sencilla debido a que no se pudieron conseguir los planos de las torres ya construidas y además, no se contaba con una plaza donde se pudiera medir la influencia de la vegetación. Por este motivo, se decidió buscar dos terrenos que el uso de suelo permitiera la construcción de edificios, que estuvieran articulados por una calle y que se ubicaran frente a la avenida principal (ver fig. 5.1 y 5.2).

Se buscaba un sitio que tuviera todas estas características que permitieran manejar las variables urbanas que se pretendía evaluar; pero que, a la vez, permitiera en algún momento hacer realidad las recomendaciones obtenidas de las evaluaciones para espacios exteriores.

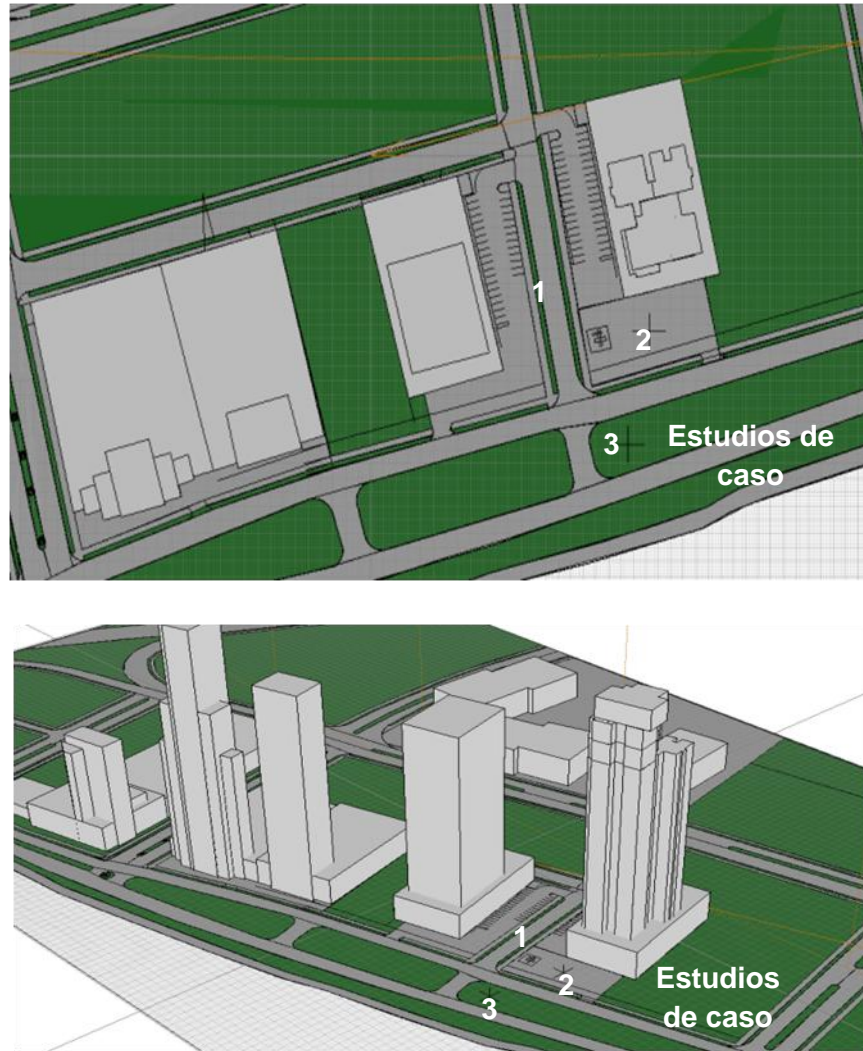


Figura 5.3. Planta y perspectiva de la zona de estudio.

Fuente: Modelo y análisis en ECOTEC (2010), por el autor.

Después de seleccionar los terrenos donde se ubicarían los estudios de caso, se tomaron los planos de dos anteproyectos con plazas peatonales que tuvieran características similares a los edificios de la zona, se modelaron en ECOTECT (2010) y se colocaron en los terrenos seleccionados (ver fig. 5.3). El resto de los edificios existentes en la zona se configuraron en base a fotografías e imágenes del *Google Earth* ya que no se contaba con los planos de los mismos.

Al terminar el modelado se ubicaron los puntos de análisis: Estudio de caso 1, calle entre los edificios; Estudio de caso 2, plaza en frente del edificio; y Estudio de caso 3, isleta o camellón (ver fig. 5.3).

5.2 Usos de suelo en la zona de edificios de Costa del Este y los espacios exteriores



Figura 5.4. Planta y elevación de la zona de estudio.

Fuente: Modelo y análisis en ECOTEC (2010), por el autor.

En la figura 5.4 se puede apreciar la zona que se seleccionó y la altura de los edificios que se encuentran a su alrededor, los cuales van desde 5 pisos hasta más de 40 pisos.



Figura 5.5. Norma de usos de suelo de la zona de estudio.

Fuente: Imagen de MIVI (2004), modificada por el autor.

Según la norma, la zona de estudio está catalogada como RM3-E (ver fig. 5.5), por lo tanto entra en la categoría de zona residencial de alta densidad especial. Los usos permitidos según esta categoría son:

[...] construcción, reconstrucción o modificación de edificios multifamiliares, viviendas bifamiliares, casa en hilera y sus usos complementarios, (ejemplo: bohíos, pequeños depósitos, casetas, piscinas) edificios religioso, culturales, filantrópicos, asistenciales y siempre que dichos usos y sus estructuras, no constituyan perjuicio a los vecinos o afecten en forma adversa el carácter residencial multifamiliar de la zona. (MIVI, 2004)

No se permiten locales comerciales en la planta baja para el expendio de artículos de consumo general. La densidad de esta categoría es de, *1500 personas/hectárea (200 unidades/hectárea)*. (MIVI, 2004). La altura permitida está determinada por la densidad.

En esta zona también está permitido el uso C2-E, que es la categoría de Comercial Urbano de Alta Densidad Especial, los usos permitidos son: *Instalaciones comerciales en general relacionadas a las actividades mercantiles y profesionales del Centro Urbano. La actividad comercial incluirá el manejo, almacenamiento y distribución de mercancías* (MIVI, 2004). La altura de las edificaciones está determinada por el área de construcción.

Como se puede ver, las normas permiten todo tipo de uso comercial y residencial en esta zona, pero lo que más llama la atención, es que las alturas de las edificaciones (ver fig. 5.6) no están limitadas en el uso residencial; esto puede traer consecuencias, como bloquear la ventilación y el sol a los edificios que se encuentren detrás de estas torres, lo que puede generar problemas de sobrecalentamiento y humedad.

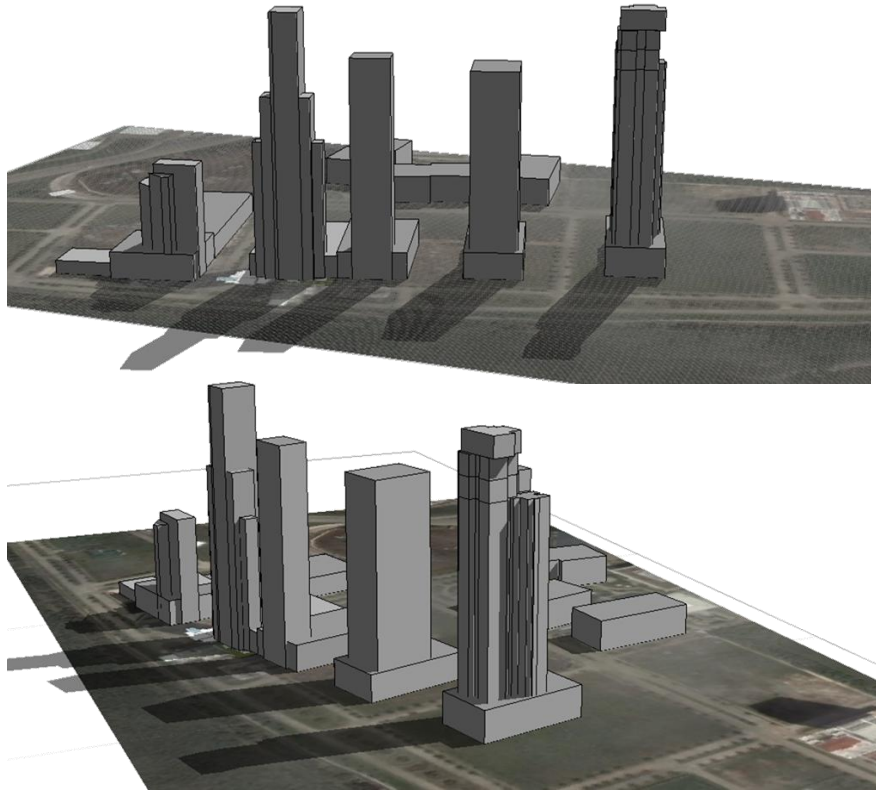


Figura 5.6. Vistas de la altura de los edificios de la zona de estudio.

Fuente: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

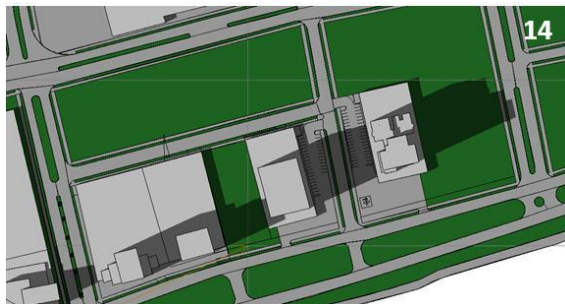
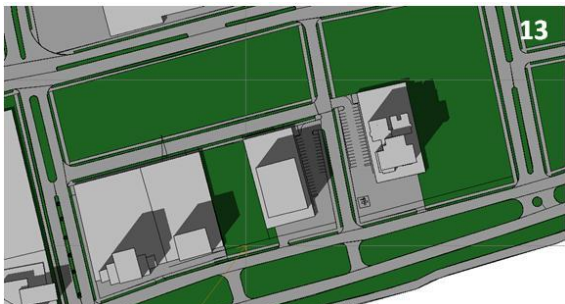
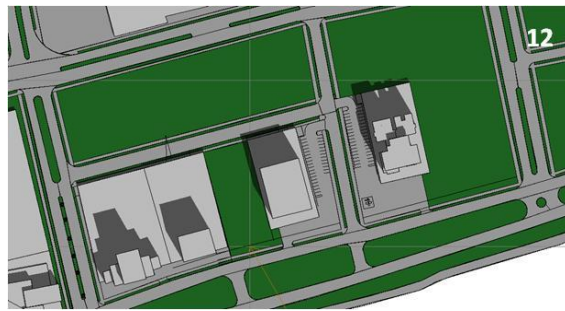
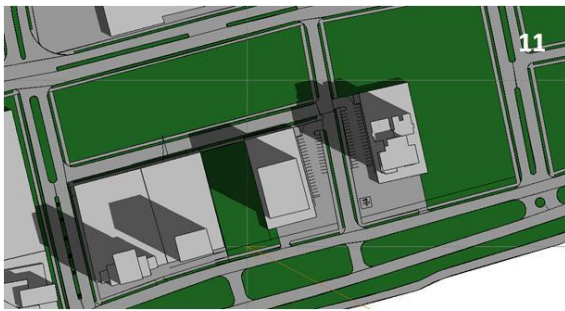
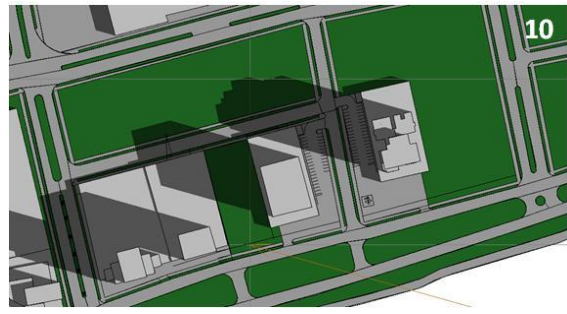
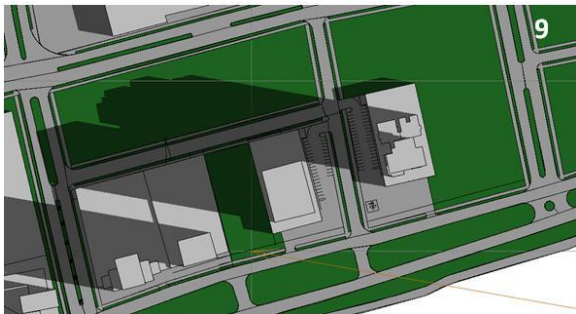
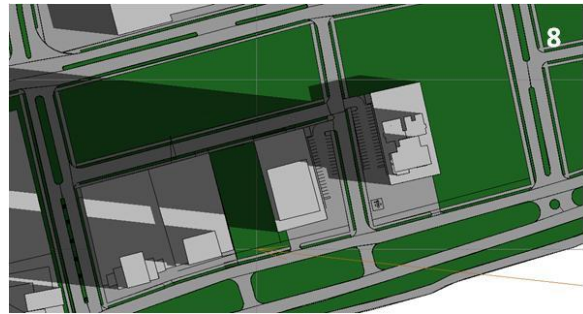
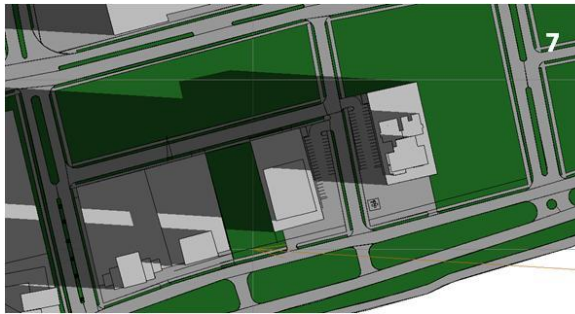
En cuanto a los espacios exteriores, también pueden ser influenciados por estas edificaciones (ver fig. 5.6). Si sombrean constantemente, estos espacios serán más frescos pero tendrán que estar ventilados para que se deshumidifiquen; si no estuvieran ventilados, habría problemas de humedad y no se podría estar en confort. Por otra parte, los espacios exteriores pueden influenciar sobre las edificaciones ya que éstos, además de los retiros de construcción, son los que separan los edificios; por tal razón, si las calles, áreas verdes, áreas peatonales y camellones no son lo suficientemente amplios, los edificios estarán prácticamente unos encima de otros.

Es un hecho que se están construyendo estas torres y muchos arquitectos no consideran las áreas verdes o espacios exteriores en los diseños. Es necesario tener estas áreas presentes en los diseños porque son importantes para el funcionamiento de estas edificaciones y el confort de los peatones que habitan o trabajan en la zona.

5.3 Estudios de la zona

5.3.1 Estudios de sombras

El primer análisis sobre la zona de estudio, que abarca los 3 estudios de caso, fue el estudio de sombras para el día más caliente, que corresponde al 16 de marzo, en un horario de las 7 a las 18 horas (hora civil). Se escogió este día porque era el más caliente y se quería saber en qué momentos los edificios sombreaban los puntos seleccionados para el estudio de caso.



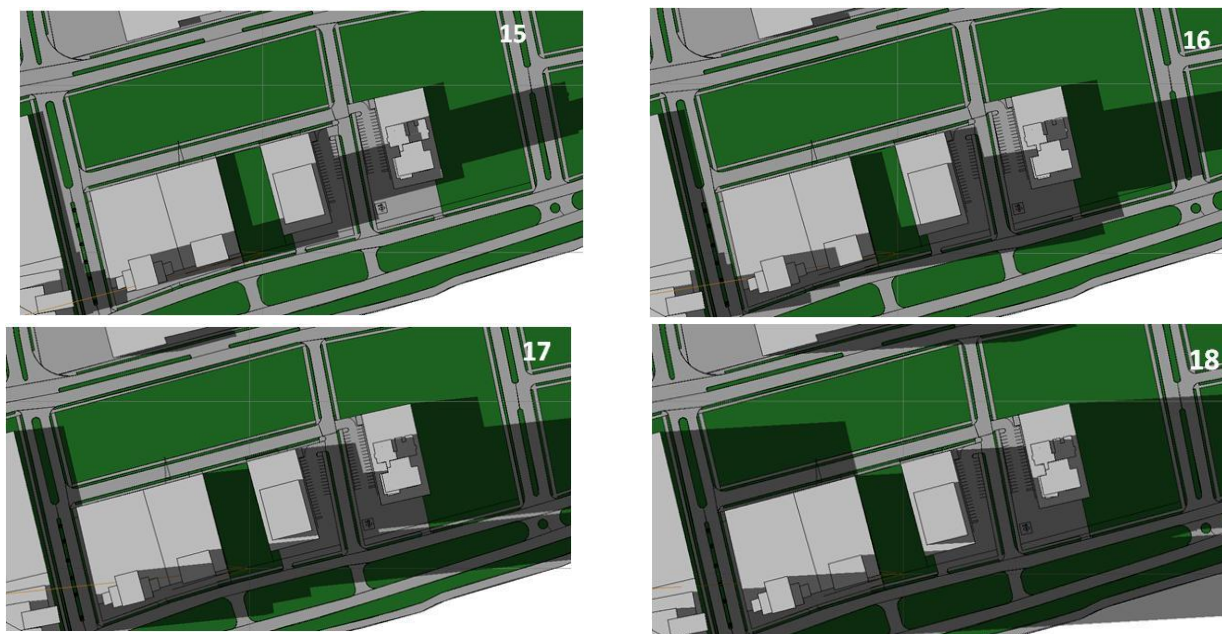


Figura 5.7. Estudio de sombras para el 16 de marzo de las 7 a las 18h.

Fuente: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

5.3.2 Estudio de radiación incidente

El segundo análisis sobre la zona de estudio, que abarca los tres estudios de caso, fue el de la radiación incidente, que es el cálculo de toda radiación global, directa y difusa, que recae sobre un punto, superficie o cuadrícula, en un periodo determinado.

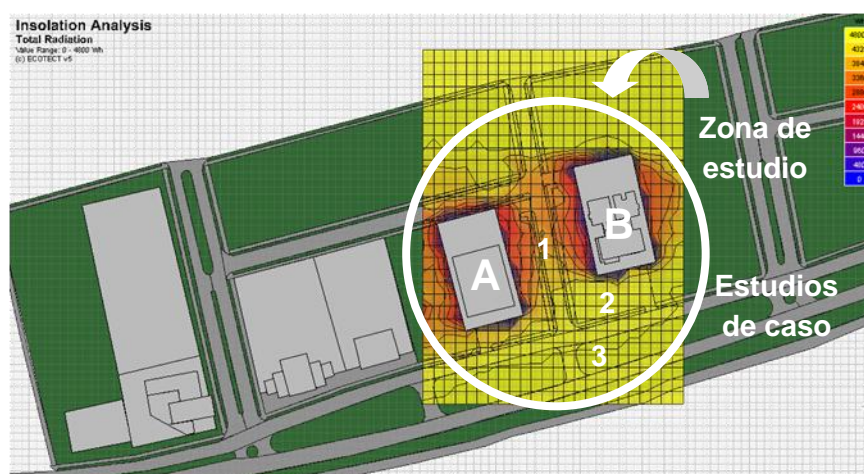


Figura 5.8. Ubicación de la cuadrícula sobre la zona de estudio.

Fuente: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

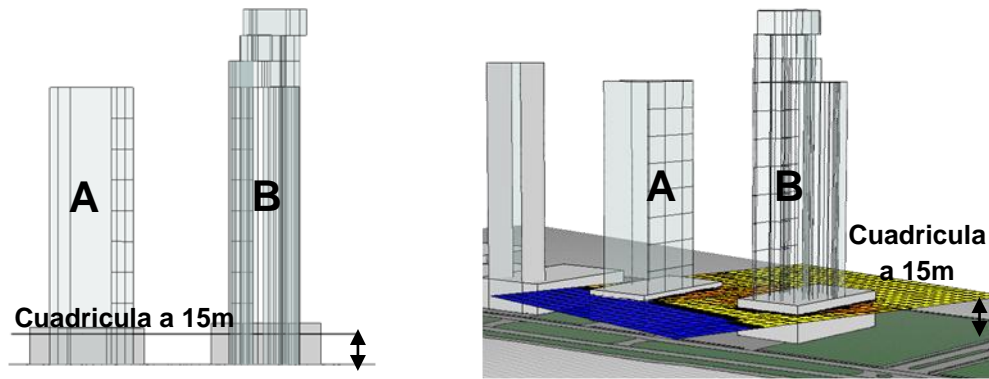


Figura 5.9. Vista de la ubicación de la cuadrícula a 15 m de altura.

Fuente: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

Para dicho análisis, se colocó una cuadrícula sobre el suelo de la zona de estudio (ver fig. 5.8 y 5.9), la cual se desplazó de 0 a 10 metros para determinar los niveles de insolación que reciben los puntos de estudio a diferentes alturas.

La fecha que se seleccionó para el estudio fue el día más caliente, 16 de marzo, y el periodo que se estableció para el análisis fue de las 7 a las 18 horas, que determina el lapso durante el cual se promedian los valores totales diarios de radiación. Al ser la insolación solar un valor promedio diario se da en Wh.

Este estudio proporciona datos de cuánta radiación permiten los edificios que incida sobre los puntos de estudio de caso a diferentes alturas.

A continuación se describe cuánta radiación incidente llegó a cada punto de estudio, del nivel 0.0 al nivel 10.0:

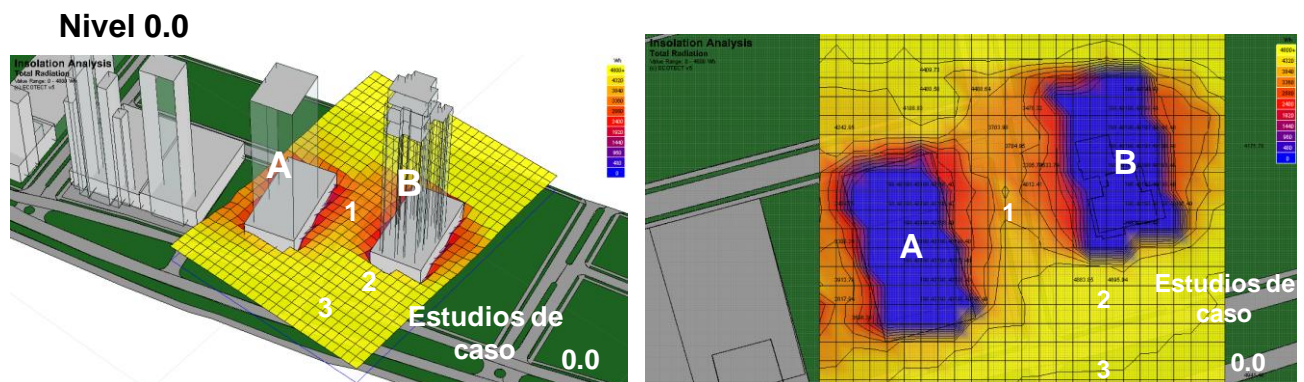


Figura 5.10. Vistas de la radiación incidente a nivel 0.0.

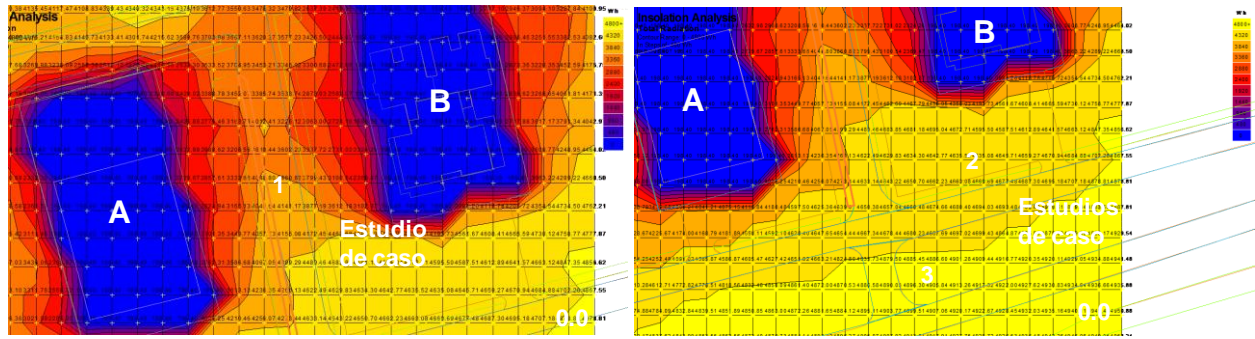


Figura 5.11. Vista de la radiación incidente en los puntos de estudio a nivel 0.0.

Fuente de Fig.5.10.y 5.11.: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

La radiación a este nivel va de 960 a 4800 Wh (ver fig. 5.10 y 5.11).

Estudio de caso 1 -la calle: El punto de estudio recibe una radiación que va de 3860.82 a 4080.80 Wh.

Estudio de caso 2 -la plaza: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4635.08 a de 4635.52 Wh.

Estudio de caso 3 -la isleta: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4885.45 a 4905.85 Wh.

Nivel 5.0

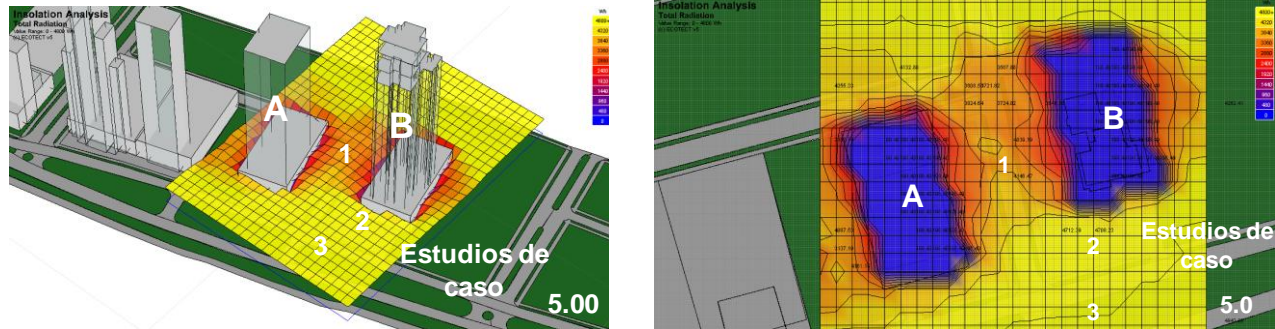


Figura 5.12. Vistas de la radiación incidente en el nivel 5.0.

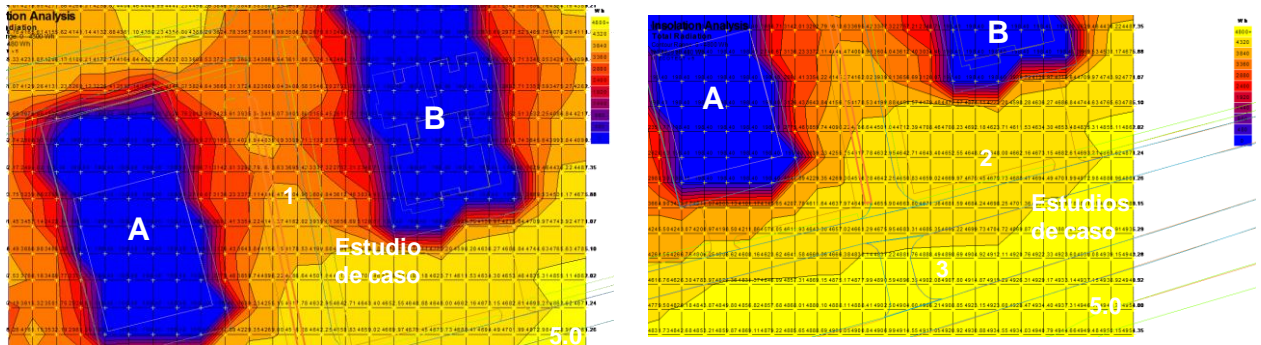


Figura 5.13. Vista de la radiación incidente en los puntos de estudio a nivel 5.0.

Fuente de Fig. 5.12. y 5.13.: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

La radiación a este nivel va de 960 a 4800 Wh (ver fig. 5.12 y 5.13). Los valores son similares a los del nivel 0.0, con la diferencia que aumenta la tendencia hacia los valores de 4800 Wh.

Estudio de caso 1-la calle: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4004.98 a 4146.47 Wh.

Estudio de caso 2 -la plaza: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4648.00 a de 4648.88 Wh.

Estudio de caso 3 -la isleta: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4888.49 a 4907.80 Wh.

Nivel 10.0

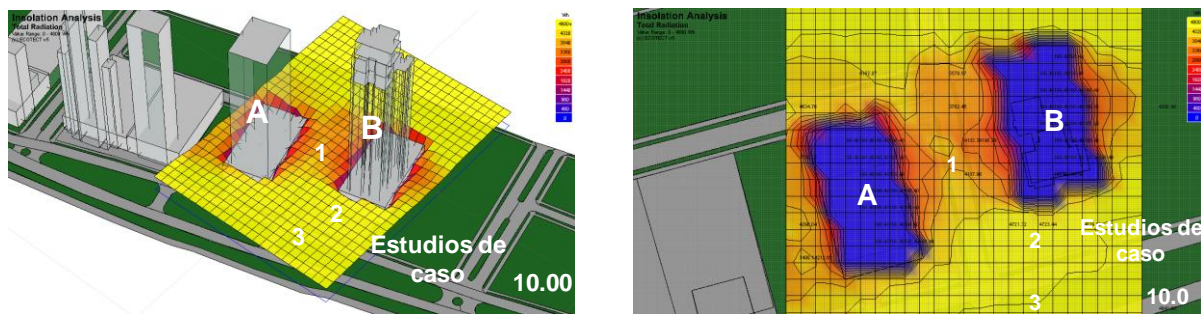


Figura 5.14. Vistas de la radiación incidente en el nivel 10.0.

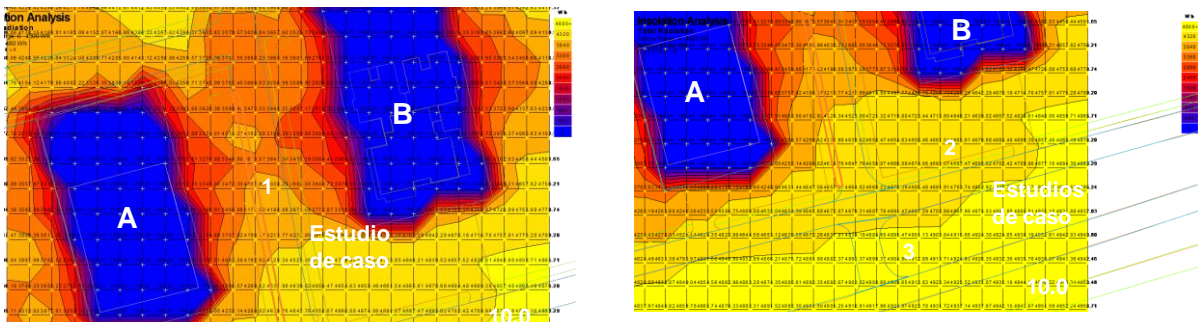


Figura 5.15. Vista de la radiación incidente en los puntos de estudio a nivel 10.0.

Fuente de Fig. 5.14. y 5.15.: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

La radiación a este nivel va de 960 a 4800 Wh (ver fig. 5.14 y 5.15). Los valores son similares a los del niveles 0.0 y 5.00, y continúa aumentando la tendencia hacia los valores de 4800 Wh.

Estudio de caso 1-la calle: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4038.20 a 4187.96 Wh.

Estudio de caso 2 -la plaza: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4661.54 a de 4665.61 Wh.

Estudio de caso 3 -la isleta: El punto de estudio recibe una radiación que va de 4895.47 a 4912.89 Wh.

ESTUDIO DE CASO 1: CALLE ENTRE LOS EDIFICIOS

5.4 Estudio de caso 1: Calle entre los edificios



Figura 5.16. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 1.



Figura 5.17. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 1 con vegetación.

Fuente de Fig. 5.16. y 5.17.: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

Se realizaron 3 estudios de caso dentro de la zona de estudio; la evaluación del primer estudio de caso, se realizó en la mitad de la calle, como lo muestra la estrella en las figura 5.16 y 5.17. Se decidió ubicar el punto de análisis en medio de la calle porque era el punto medio entre ambos edificios y se quería medir el efecto de los edificios y de la vegetación sobre el mismo.

La figura de la gráfica estereográfica, nos muestra la vista de cielo desde el punto que se realizó la evaluación, lo que nos permite determinar cuándo los edificios o árboles sombrean el punto evaluado (ver fig. 5.16 y 5.17).

Se realizaron evaluaciones para determinar la temperatura sol-aire de la superficie de la calle y de las paredes de los edificios que la enmarcan; primero se

obtuvo la temperatura de estas superficies sin vegetación y luego los resultados con vegetación. Ambas evaluaciones se realizaron para el día 21 de cada mes, en un horario de las 6 a las 18 horas y así se obtuvieron gráficas para ver cómo se comportan dichas superficies térmicamente y determinar cómo influencia la presencia de vegetación sobre la temperatura sol-aire de los objetos. La temperatura sol-aire es importante debido a que los objetos al recibir los diferentes tipos de radiación tienen una temperatura más elevada a la temperatura del ambiente y esto influye en el confort del peatón.

Luego se realizó el balance de energía de la persona, que nos indica si la persona está en confort o no. Dicho balance se realizó en circunstancias con y sin vegetación, para poder comparar y valorar la influencia de la vegetación, se obtuvieron porcentajes, tanto mensuales como horarios, para ambas situaciones.

Todas las figuras y tablas presentes en este apartado del estudio de caso 1 que no tengan fuente debajo de las mismas, fueron elaboradas por el autor, con base a los resultados de: la hoja de cálculo de temperatura Sol-aire fundamentada en las ecuaciones del ASHRAE (2005); y a los resultados de los análisis que se obtuvieron con CONFEX de Ochoa (2010).

5.4.1 Caso 1. Temperatura de las superficies

En este análisis para determinar la temperatura de las superficies (paredes y suelo), fue necesario calcular la temperatura sol-aire de las superficies y saber en qué momento dichas superficies están sombreadas por edificios o árboles.

La temperatura sol-aire de todas las superficies (paredes y suelo) involucradas en los estudios de caso, se calculó con base en las ecuaciones del ASHRAE (2005), ya descritas en la metodología de análisis de los tres estudios de caso (capítulo 4).

Se hicieron dos cálculos de temperatura sol-aire para cada una de las superficies; el primero de ellos no consideró sin vegetación, por lo que su transmisividad es de 100%; en el segundo sí se toma en cuenta y se considera una vegetación con transmisividad de 50%.

Por otra parte, mediante el programa ECOTECT (2010), se realizaron dos estudios de sombreado para cada superficie, cuyo objetivo era determinar qué elemento (edificios o vegetación) genera sombra sobre la superficie que se analiza, además de establecer en qué momento ocurría.

El primer estudio sólo consideró la sombra generada por los edificios, mientras que el segundo incorporó la vegetación. Los valores de sombreado obtenidos en el primero son la referencia para determinar cuándo la vegetación sombrea las superficies. Por tal razón, se compararon los valores de sombreado de ambos estudios.

Con estos datos de sombreado, se pudo definir la temperatura que tienen las superficies a lo largo del día, dependiendo si éstas reciben radiación o si están sombreadas por edificaciones o por vegetación.

Con toda esta información se graficaron distintas variables las cuales se describen a continuación:

Temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 100%): Corresponde a la temperatura que tiene la superficie cuando ningún elemento la sombrea; en otras palabras, la radiación incide directamente sobre la superficie.

Temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 50%): Corresponde a la temperatura que tiene la superficie cuando la vegetación, con 50% de transmisividad, sombrea la pared o el suelo.

Temperatura del suelo o pared con sombra de edificios (transmisividad de 100%): Es la temperatura de la superficie a lo largo del día, considerando los periodos de sombras generados únicamente por los edificios. En esta variable no se consideró vegetación, por lo tanto cuando los edificios no somborean la superficie la radiación incide directamente sobre ella. Por tal razón la temperatura de la superficie en ese momento es igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 100%). Por otra parte, cuando los edificios somborean la superficie la temperatura es igual a la temperatura ambiente.

Temperatura del suelo o pared con sombra de edificios y árboles (transmisividad de 50%): Es la temperatura de la superficie a lo largo del día, considerando los periodos de sombra generados por los edificios y los árboles.

Para el cálculo de las sombras generadas por la vegetación, se consideraron árboles con transmisividad de 50% o sea, que dejan pasar el 50% del total de radiación incidente sobre la superficie. Así, al reducirse la radiación incidente sobre la superficie, su temperatura va a disminuir; por lo tanto, la temperatura de la superficie cuando esté sombreada por vegetación será igual a temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 50%).

Los lapsos en que los edificios generan sombra sobre la superficie, la temperatura de ésta será igual a la ambiente ya que estas estructuras son elementos sólidos y generan una sombra definida en comparación con la vegetación. Si la radiación incide directamente sobre la superficie, entonces la temperatura de esta pared o suelo en ese momento es igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 100%).

Todos esos cálculos y gráficas se efectuaron para cada superficie (paredes y suelo) involucrada en los estudios de caso, estos análisis se realizaron para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas.

A pesar que se tiene la información mensual de cada superficie, se decidió destacar en la investigación los meses más relevantes, que son abril y noviembre, los cuales corresponden al mes más caliente y el mes más frío respectivamente. Por tal razón, en cada estudio de caso la descripción del comportamiento térmico de las superficies se especifica de acuerdo al mes más caliente y al mes más frío.

5.4.1.1 Caso 1. Temperatura del suelo (abril)

Basándonos en la temperatura media mensual, se determinó que el mes más caliente es el mes de abril, con una temperatura media de 28.1°C y una de máxima 33.5°C.

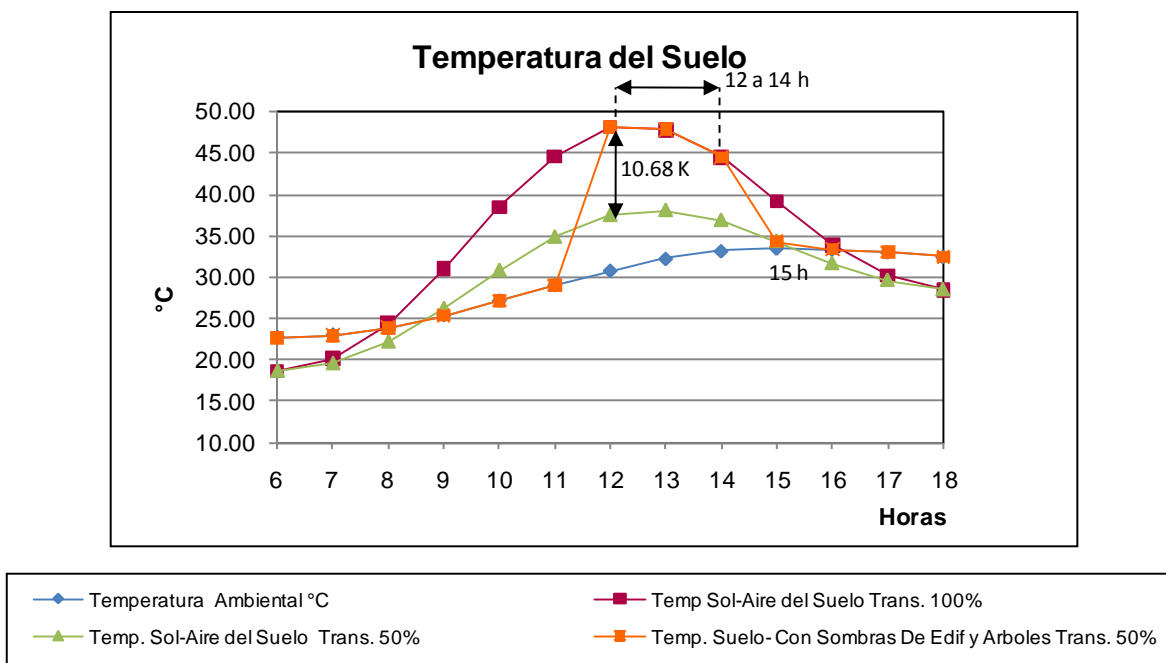


Figura5.18. Temperatura del suelo, mes de abril, –estudio de caso 1.

La evaluación se realizó el día 21 del mes de abril de las 6 a las 18 horas, la línea azul indica la temperatura ambiente; la línea roja, indica la temperatura sol–aire que tiene el suelo cuando no está sombreado ni por edificios ni por vegetación (transmisividad del 100%); la línea verde, señala la temperatura sol–aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada en todo momento por una vegetación con transmisividad de 50% (ver fig. 5.18).

En referencia específica al suelo del punto de análisis, la línea naranja representa la temperatura que tiene esta superficie considerando la sombra que generan sobre ella los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.18).

Al comparar la temperatura sol–aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que con colocar vegetación con 50% de transmisividad se puede obtener una reducción máxima de 10.68 K en la temperatura de la superficie. (Ver fig. 5.18 y tabla 5.1)

Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	12	48.13 °C	10.68 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		37.45 °C	

Tabla 5.1. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo, mes de abril, –estudio de caso 1.

Por otra parte, para establecer con claridad los momentos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura del suelo, se siguieron los criterios descritos en la tabla 5.2. Estos criterios determinan cuándo el suelo del punto analizado recibe radiación o cuándo se encuentra sombreado por edificios o por vegetación.

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no					
	Si la temperatura del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis
					El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra
			Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando
			Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis

Tabla 5.2. Criterios para determinar si la superficie esta sombreada o no.

Fuente: Con base a Ochoa (2010b), elaborado por el autor.

Con base en estos criterios (ver tabla 5.2), se analizó cómo se comporta la temperatura del suelo a lo largo del día (ver fig. 5.18), se obtuvieron los períodos en que el suelo se encuentra sombreado por los edificios o por los árboles y también se determinó cuándo el suelo recibe radiación directamente (ver tabla 5.3).

Períodos en que el suelo en el punto de análisis se encuentra sombreado o recibe radiación						
Efectos sobre la superficie			Períodos (h)			
	La superficie está sombreada por los edif.		6-11		16-17	
	La superficie está en sombra porque el sol no ha salido o se ha ocultado					18
	La radiación incide sobre la superficie			12-14		
	Los árboles sombrean la superficie		Disminuye la temp. 4.85 K		15	

Tabla 5.3. Períodos en que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, abril, -estudio de caso 1.

Se puede ver claramente, en la tabla 5.3, que a las 15 horas es el único período en que la vegetación sombrea el suelo y tiene efectos sobre la temperatura del mismo. Dicho efecto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.19.

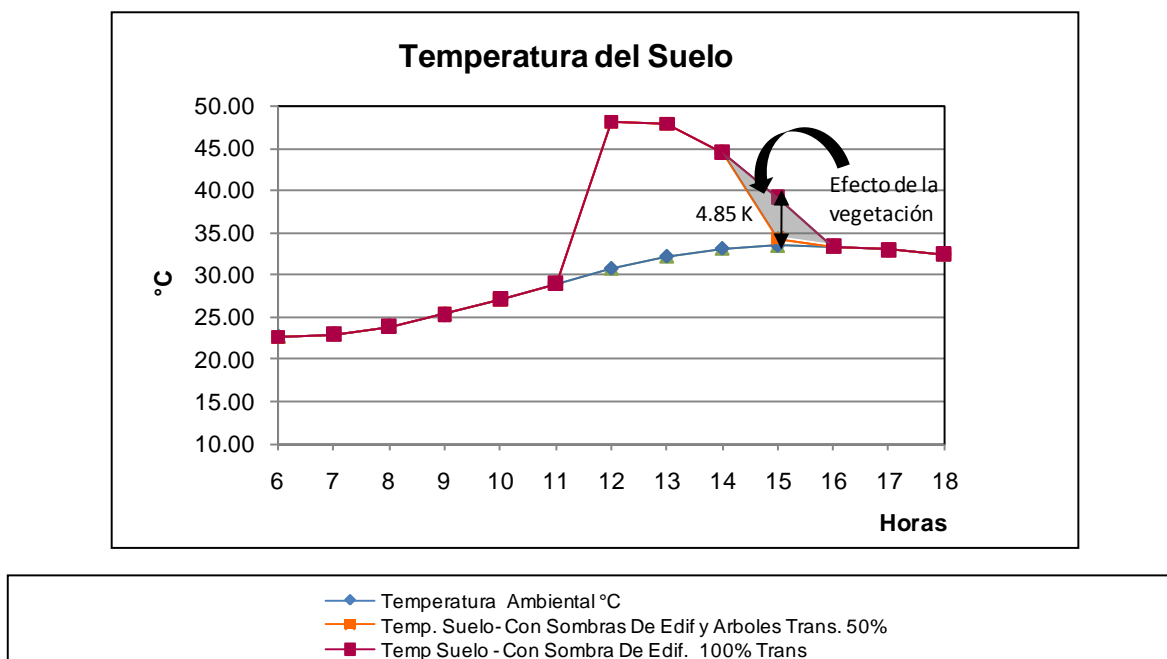


Figura 5.19. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, abril, —estudio de caso 1.

La línea roja de la fig. 5.19 es la temperatura del suelo, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; de este modo, al no considerar los árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuando la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura del suelo, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables, se puede ver claramente que el 21 de abril a las 15 horas, la sombra de la vegetación disminuye la temperatura de la superficie 4.85 K.

5.4.1.2 Caso 1. Temperatura del suelo (noviembre)

De igual manera que el mes de abril, se determinó que noviembre es el mes más frío, éste tiene una temperatura media de 26.6°C y una de mínima de 22.6°C.

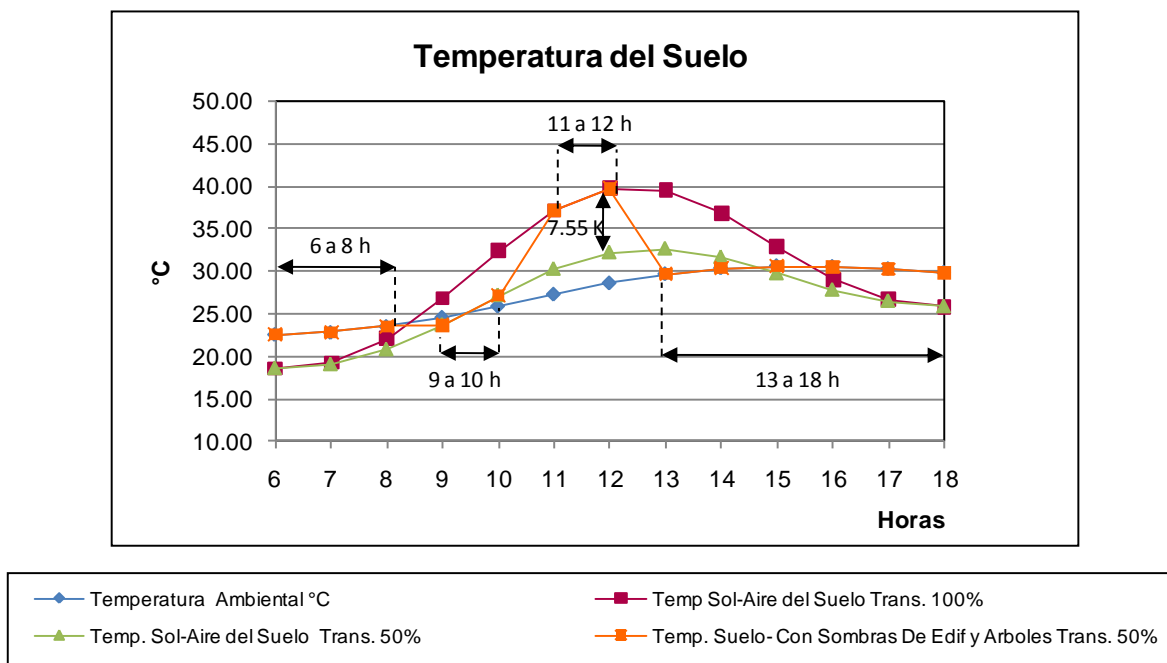


Figura 5.20. Temperatura del suelo, mes de noviembre, –estudio de caso 1.

La evaluación se realizó el día 21 del mes de noviembre, en un horario de 6 a 18 horas; la línea azul, indica la temperatura ambiente; la línea roja indica la temperatura sol–aire que tiene el suelo cuando no está sombreado (transmisividad de 100%); la línea verde señala la temperatura sol-aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada en todo momento por una vegetación con transmisividad de 50% (ver fig. 5.20).

La línea naranja desglosa cómo se comporta térmicamente la superficie a lo largo del día, teniendo en cuenta la sombra que generan sobre dicha superficie los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.20).

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que con colocar vegetación con 50% de transmisividad se puede obtener una reducción máxima de 7.55 K, en temperatura de la superficie (ver tabla 5.4).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	12	39.76 °C	7.55 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		32.21 °C	

Tabla 5.4. Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo, noviembre, –estudio de caso 1.

Por otra parte, la tabla 5.5 presenta los períodos en que el suelo se encuentra sombreado, por los edificios o por los árboles, y también muestra los momentos en que el suelo recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura del suelo.

Dichos períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura del suelo (ver fig.5.20), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.5).

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no					Periodos (h)					
Condiciones			Efectos sobre la superf.							
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.		7-8			13-17	
				El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra.	6					18
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.				11-12		
		Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.			9-10		disminuye la temp. del suelo de 3.13 a 5.22°C	

Tabla 5.5. Períodos en que el suelo está sombreado o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 1.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Períodos:** Con base a resultados de la HCTSA¹ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

De las 9 a las 10 horas, es el único período en que la vegetación sombrea el suelo y por lo tanto tiene efectos sobre la temperatura del mismo (ver tabla 5.5). Dicho efecto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.21.

¹ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

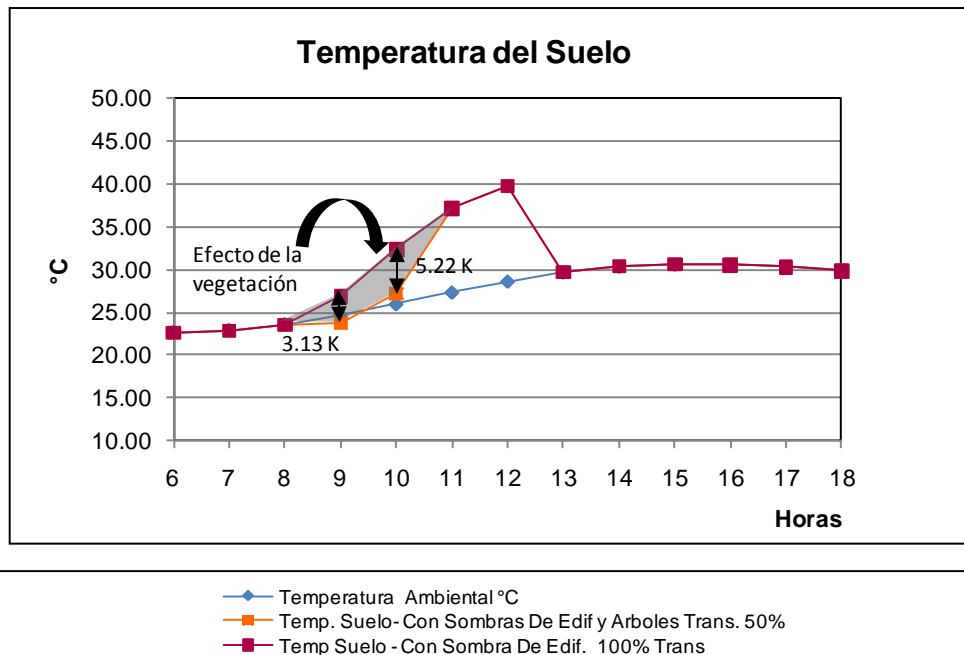


Figura 5.21. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, noviembre, –estudio de caso 1.

La línea roja de la fig. 5.21, es la temperatura del suelo, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura del suelo, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables, se puede observar claramente que el 21 de noviembre de las 9 a las 10 horas la sombra de la vegetación disminuye la temperatura del suelo de 3.13 a 5.22K (ver fig. 5.21).

5.4.1.3 Caso 1. Temperatura de la pared NE (abril)

Basándonos en la temperatura media mensual, se determinó que el mes más caliente es el mes de abril, con una temperatura media de 28.1°C y una de máxima 33.5°C.

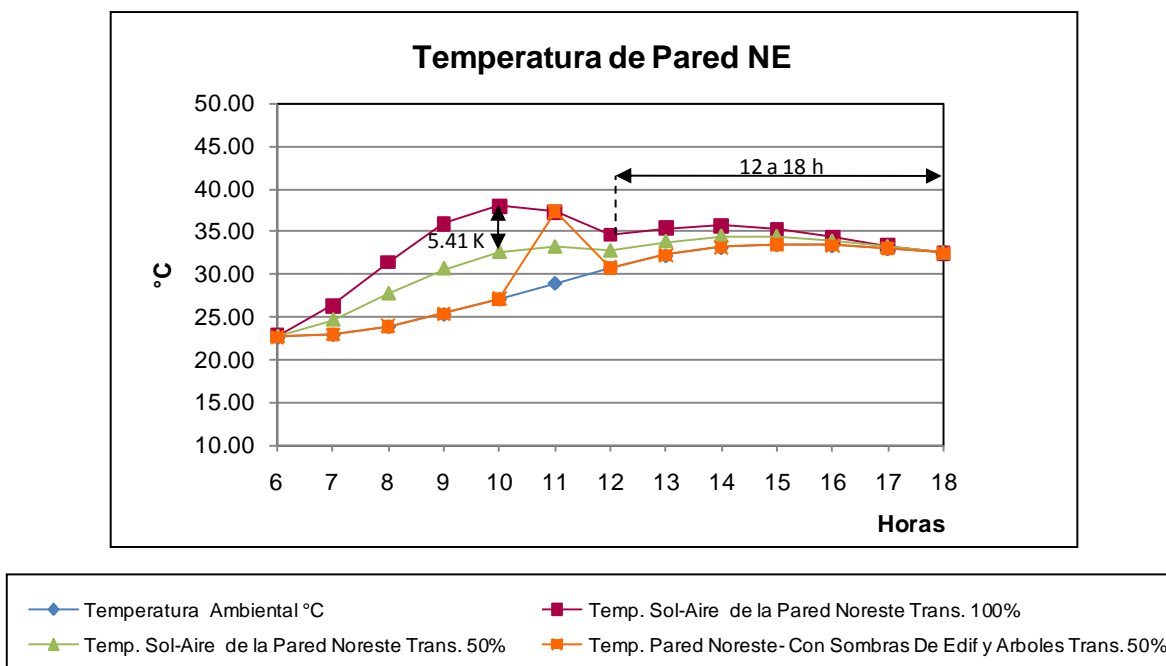


Figura 5.22 Temperaturas de la pared NE, abril. –estudio de caso 1.

La evaluación se realizó el 21 de abril, de las 6 a las 18 horas; la línea azul, indica la temperatura ambiente; la línea roja, indica la temperatura sol–aire que tiene la pared NE cuando no se encuentra sombreada (transmisividad de 100%); la línea verde, señala la temperatura sol-aire que tiene la superficie cuando la vegetación tiene una transmisividad de 50% (ver fig. 5.22).

La línea naranja demuestra cómo se comporta térmicamente la pared NE teniendo en cuenta la sombra que generan sobre la misma los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.22).

En la fig. 5.22, se aprecia que los valores de temperatura sol–aire (línea roja y línea verde), de las 6 a las 11 horas, son ascendentes; mientras que, de las 12 horas en adelante son descendentes y se acercan a los valores de la temperatura ambiente (línea azul). Estas variables de la de temperatura sol–aire, se comportan de esa manera debido a la orientación NE de la pared; esta orientación, permite que la superficie reciba los rayos de sol de la mañana; mientras que, el resto del día los rayos solares no inciden directamente sobre esta superficie.

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que con colocar vegetación con 50% de transmisividad se puede

obtener una reducción máxima de 5.41 K en temperatura de la superficie (ver tabla 5.6).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	10	37.96 °C	5.41 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		32.55 °C	

Tabla 5.6. Comparación de resultados de la temperatura so –aire de la pared NE, abril, –estudio de caso 1.

Por otra parte, la tabla 5.7 presenta los períodos en que la pared NE se encuentra sombreada, por los edificios o por los árboles, y también muestra los momentos en que la pared recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura de la pared.

Dichos períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura de la pared NE (ver fig. 5.22), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.7).

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no				Periodos (h)			
Condiciones			Efectos sobre la superf.				
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:	Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.	6-10			
			La superficie esta en sombra debido a la orientación.			12-17	
			El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra				18
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:	El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.		11		
		Temp. sol– aire con 50% de trans. entonces:	Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.				

Tabla 5.7. Períodos en que la pared NE se encuentra sombreada o recibe radiación, abril, -estudio de caso 1.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Períodos:** Con base a resultados de la HCTSA² fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

² Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

Después del análisis se obtuvo que en ningún momento la vegetación sombrea la pared NE; por lo tanto, no tiene efecto sobre la temperatura de esta superficie (ver tabla 5.7). Esto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.23.

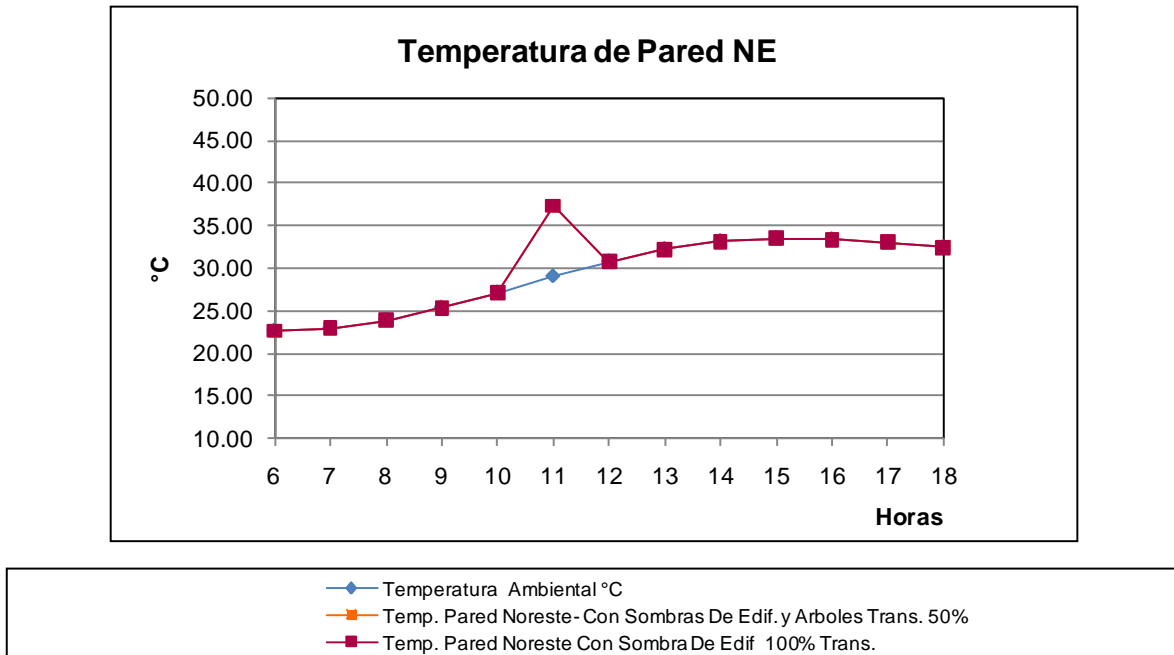


Figura 5.23. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared NE, abril, –estudio de caso 1.

La línea roja de la fig. 5.23, es la temperatura de la pared, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura de la pared, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al observar la fig. 5.23, se muestra que la temperatura de la pared que contempla el sombreado de la vegetación y de los edificios (línea naranja), es igual a la temperatura que tiene la pared que recibe únicamente el sombreado de los edificios (línea roja); esto demuestra que la vegetación no tiene ningún efecto sobre la temperatura de la pared NE.

5.4.1.4 Caso 1. Temperatura de la pared NE (noviembre)

De igual manera que el mes de abril, se determinó que noviembre es el mes más frío, éste tiene una temperatura media de 26.6°C y una de mínima de 22.6°C.

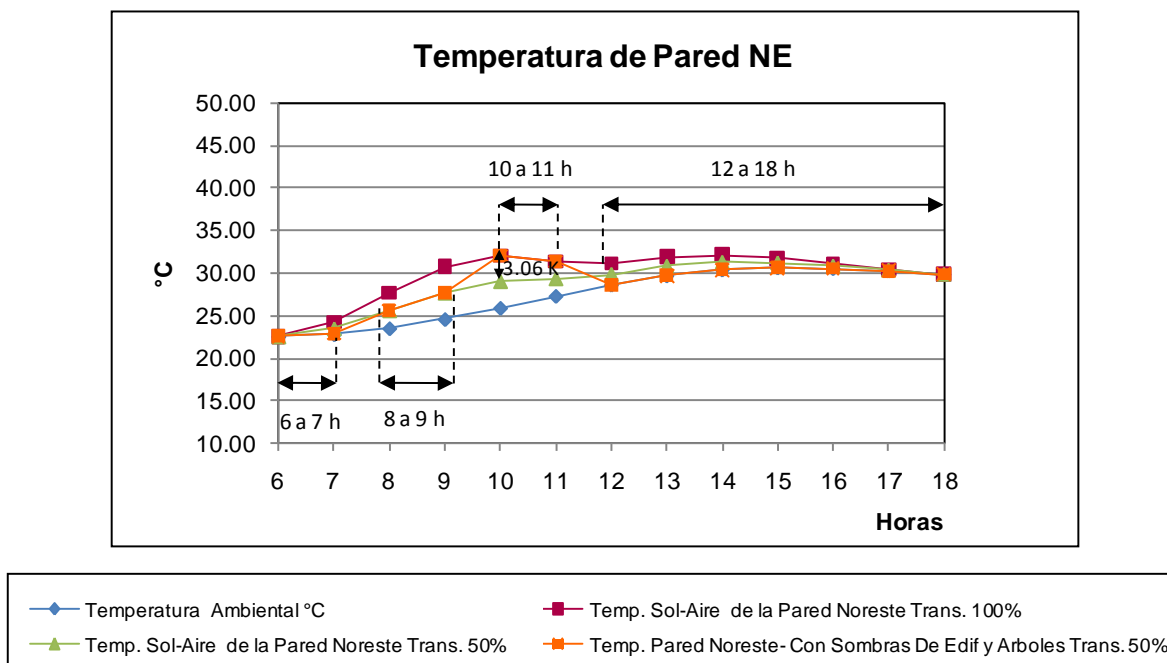


Figura 5.24. Temperaturas de la pared NE, noviembre, –estudio de caso 1.

Esta evaluación se hizo para el 21 de noviembre, mes más frío, el resto de las condiciones y variables se mantienen iguales a las de la evaluación anterior.

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que con colocar vegetación con 50% de transmisividad se puede obtener una reducción máxima de 3.06 K en temperatura de la superficie (ver fig. 5.24 y tabla 5.8).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	10	32.08 °C	3.06 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		29.02 °C	

Tabla 5.8. Comparación de resultados de la temperatura sol-aire, pared NE, noviembre, –estudio de caso 1.

Por otra parte, la tabla 5.9 presenta los períodos en que la pared NE se encuentra sombreada, por los edificios o por los árboles, y también muestra los momentos en que la pared recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura de la pared.

Dichos períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura de la pared NE (ver fig.5.24), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.9).

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no				Periodos (h)					
Condiciones			Efectos sobre la superf.						
Si la temp. del suelo es igual a:	Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.		7				
			La superficie esta en sombra debido a la orientación.					12-17	
			El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra	6					18
	Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.				10-11		
	Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.			8-9	Disminuye la temperatura de 2.09 a 3.09 °C		

Tabla 5.9. Períodos en que la pared NE está sombreada o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 1.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Períodos:** Con base a resultados de la HCTSA³ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

De las 8 a las 9 horas es el único período en que la vegetación sombrea la pared NE y por lo tanto tiene efectos sobre la temperatura de la misma (ver tabla 5.9). Dicho efecto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.25.

³ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

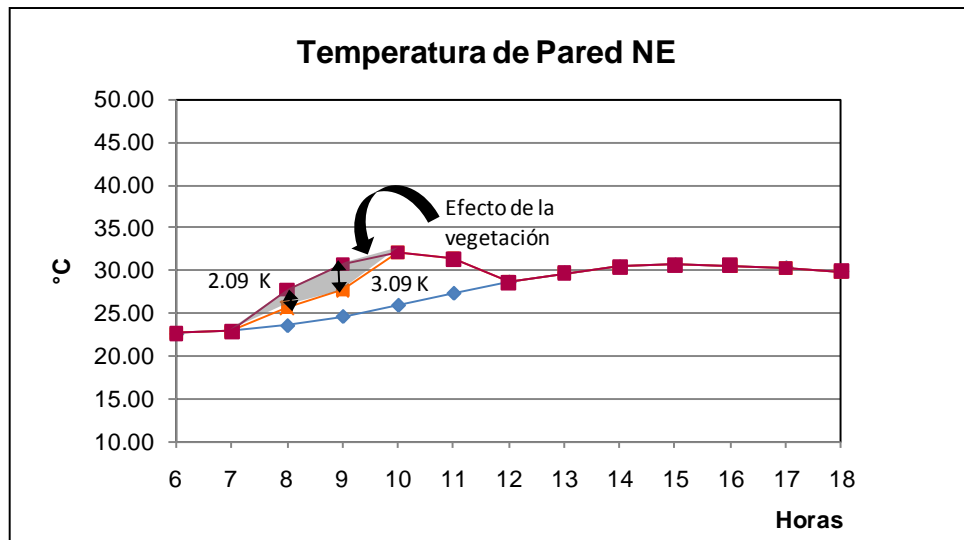


Figura 5.25. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared NE, noviembre, –estudio de caso 1.

La línea roja de la fig. 5.25, es la temperatura de la pared, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura de la pared, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables, se puede observar claramente que el 21 de noviembre, de las 8 a las 9 horas, la sombra de la vegetación disminuye la temperatura de la pared NE de 2.09 a 3.09 K (ver fig. 5.25).

5.4.1.5 Caso 1. Temperatura de la pared SO (abril)

Basándonos en la temperatura media mensual, se determinó que el mes más caliente es el mes de abril, con una temperatura media de 28.1°C y una de máxima 33.5°C.

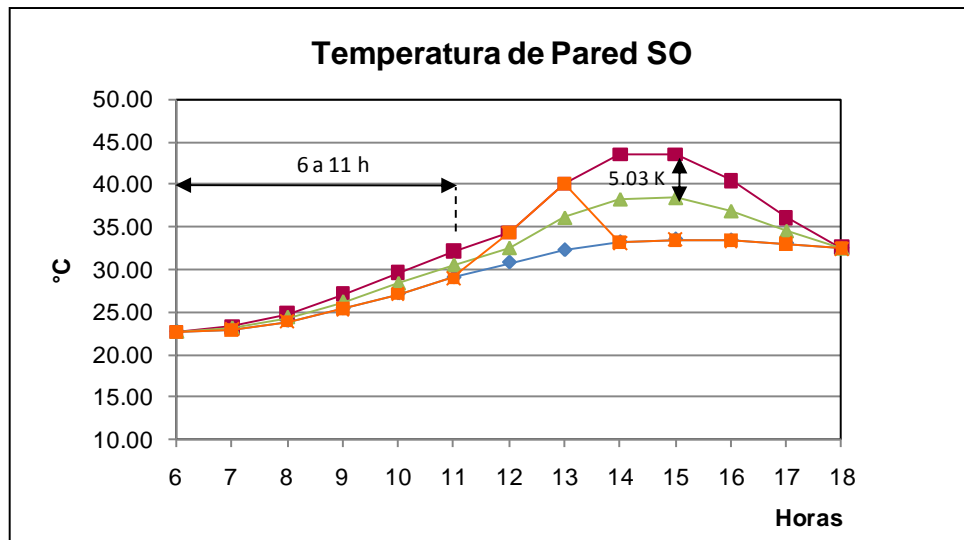


Figura 5.26. Temperatura de la pared SO, abril, –estudio de caso 1.

La evaluación se realizó el 21 de abril en un horario de las 6 a las 18 horas. La fig. 5.26, muestra las variables involucradas en este estudio: la línea azul, indica la temperatura ambiente; la línea roja, indica la temperatura sol–aire que tiene la pared cuando no se encuentra sombreada (transmisividad de 100%); la línea verde, señala la temperatura sol–aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada por árboles con transmisividad de 50% (ver fig. 5.26).

Refiriéndonos específicamente a la pared SO del punto de análisis, la línea naranja representa la temperatura que tiene esta superficie, considerando la sombra que generan sobre ella los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.26).

Al analizar la fig. 5.26, se observó que los valores de temperatura sol–aire (línea roja y línea verde), en el periodo de las 6 a las 11 horas, son ascendentes y se aproximan a los valores de la temperatura ambiente (línea azul). Esto ocurre debido a la ubicación SO de la pared, ya que dicha orientación impide que la superficie reciba radiación directa en la mañana.

Por otra parte, en el periodo de las 12 a las 15 horas, los valores de la temperatura sol-aire ascienden abruptamente y tienen un desplazamiento marcado con respecto a la temperatura ambiente; en cambio, en el periodo de las 16 horas en adelante, los valores de temperatura sol-aire vuelven descender. El acenso abrupto de temperatura a las 12 h se debe a que, a partir de ese momento, la radiación incide sobre la superficie; el descenso a las 16 horas se debe a que el sol se está ocultando.

Se equipararon los valores máximos de temperatura sol-aire de 100% y 50% de transmisividad y se comprobó que, con colocar vegetación con 50% de transmisividad, se puede obtener una reducción máxima de 5.03 K en temperatura de la superficie (ver fig. 5.26 y tabla 5.10).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	15	43.56 °C	5.03 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		38.53 °C	

Tabla 5.10. Comparación de resultados de la temperatura sol-aire, pared SO, abril, – estudio de caso 1.

Con referencia a la tabla 5.11, presenta los períodos en que pared SO se encuentra sombreada por los edificios o por los árboles e incluso muestra los momentos en que la pared recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura de la pared.

Los mencionados períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura de la pared SO (ver fig.5.26), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.11).

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no				Periodos (h)			
Condiciones			Efectos sobre la superf.				
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:	Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.			14-17	
			La superficie está en sombra debido a la orientación.	6-11			
			El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra				18
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:	El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.		12-13		
		Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:	Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.				

Tabla 5.11. Periodos en que la pared SO está sombreada o recibe radiación, abril, -estudio de caso 1.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Periodos:** Con base a resultados de la HCTSA⁴ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

Después del análisis, se obtuvo que en ningún momento la vegetación sombrea la pared SO; por lo tanto, no tiene efecto sobre la temperatura de esta superficie (ver tabla 5.11). Esto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.27.

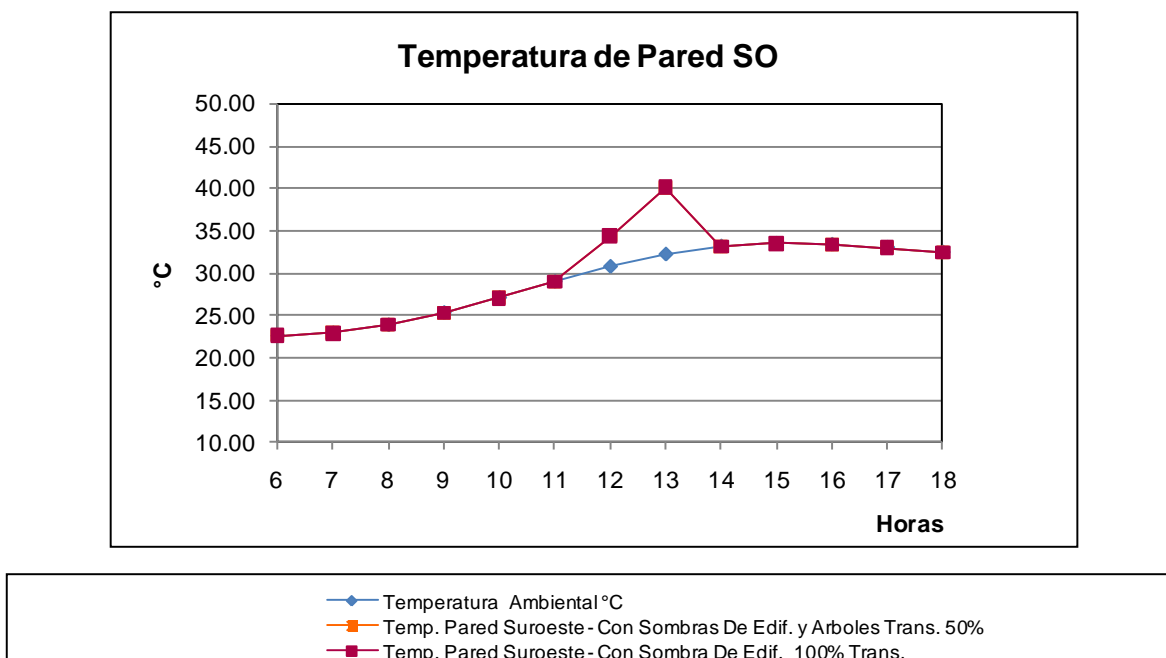


Figura 5.27. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SO, abril, –estudio de caso 1.

⁴ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

La línea roja de la fig. 5.27, representa la temperatura de la pared, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja indica la temperatura que tiene la pared, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

En la fig. 5.27, se puede apreciar que la temperatura de la pared, que contempla el sombreado de la vegetación y de los edificios (línea naranja), es igual a la temperatura que tiene la pared que toma en cuenta únicamente el sombreado de los edificios (línea roja). Esto demuestra que la vegetación no tiene ningún efecto sobre la temperatura de la pared SO.

5.4.1.6 Caso 1. Temperatura de la pared SO (noviembre)

De igual manera, se determinó que el mes más frío es noviembre, éste tiene una temperatura media de 26.6°C y una de mínima de 22.6°C.

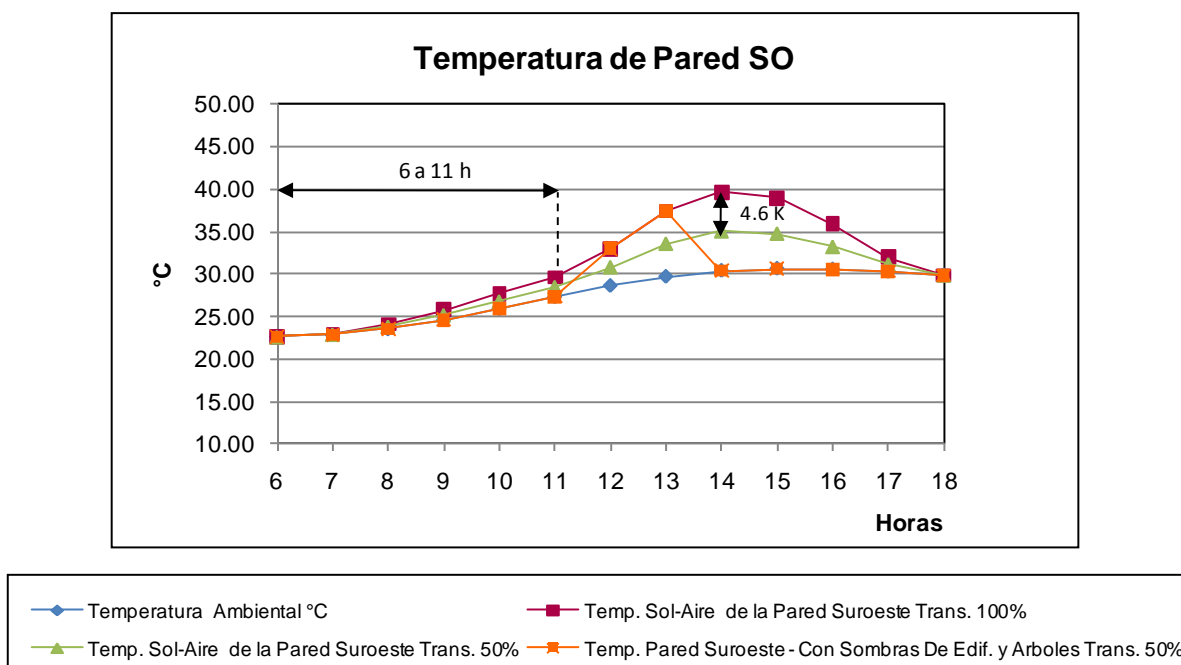


Figura 5.28. Temperaturas de la pared SO, noviembre, –estudio de caso 1.

La evaluación se realizó el 21 de noviembre, en un horario de 6 a 18 horas. La gráfica muestra las variables involucradas en la evaluación: la línea azul, indica la

temperatura ambiente; la línea roja, indica la temperatura sol-aire que tiene la pared SO cuando no se encuentra sombreada (transmisividad de 100%); la línea verde, señala la temperatura sol-aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada por árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.28).

Refiriéndonos específicamente a la pared SO del punto de análisis, la línea naranja representa la temperatura que tiene esta superficie, considerando la sombra que generan sobre ella los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.28).

Al observar la fig. 5.28, se advirtió que los valores de temperatura sol-aire se comportan de igual forma que en el análisis del mes de abril. Este comportamiento, como ya se explicó en el estudio anterior, se debe principalmente a la orientación SO de la pared.

Al comparar los valores máximos de temperatura sol-aire de 100% y 50% de transmisividad, se comprobó que con colocar vegetación con 50% de transmisividad, se puede obtener una reducción máxima de 4.6 K de la temperatura en superficie (ver fig. 5.28 y tabla 5.12).

Comparación de resultados de la temperatura sol- aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	14	39.63 °C	4.6 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		35.03 °C	

Tabla 5.12. Comparación de resultados de la temperatura sol-aire, pared SO, noviembre, –estudio de caso 1.

En cuanto a la tabla 5.13, muestra los períodos en que la pared SO se encuentra sombreada por los edificios o por los árboles, también muestra los momentos en que la pared recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura de la pared.

Los períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura de la pared SO (ver fig.5.28), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.13).

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no				Periodos (h)				
Condiciones			Efectos sobre la superf.					
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.				14-17
				La superficie está en sombra debido a la orientación.		7-11		
				El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra	6			18
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.			12-13	
		Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.				

Tabla 5.13. Periodos en que la pared SO está sombreada o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 1.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Periodos:** Con base a resultados de la HCTSA⁵ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

Se puede ver claramente en la tabla 5.13, que a la vegetación no genera sombra en ningún momento sobre la pared SO, por lo tanto no tiene efectos sobre la temperatura de la misma. Esto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.29.

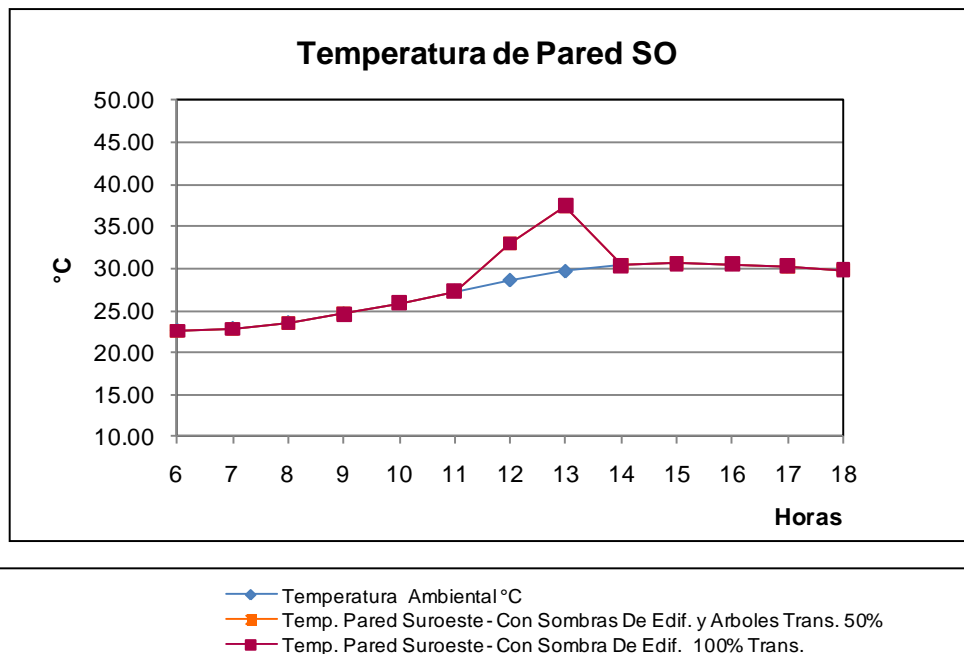


Figura 5.29. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SO, noviembre, –estudio de caso 1.

⁵ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

La fig. 5.29 muestra la temperatura de la pared, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie (línea roja); al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. También en esta figura, se observa la temperatura de la pared que toma en cuenta para su cálculo, la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre la superficie.

Al resultar la temperatura de la pared SO (línea naranja) igual a la temperatura de referencia (línea roja), se demuestra que la vegetación no tiene ningún efecto sobre la temperatura de esta superficie.

5.4.2 Caso 1. Balance de energía de la persona

El balance de energía de la persona permite saber si el individuo está en confort o no en espacios exteriores; se trata es un balance de intercambio de energía de la persona con el medio ambiente que se relaciona con la sensación de calor o frío (Ochoa, 2009). Para el cálculo de este balance se utiliza el programa CONFEX de Ochoa (2010).

Para el estudio de caso 1, se realizaron dos cálculos del balance de energía de la persona, el primero no considera la sombra que genera la vegetación y el segundo sí toma en cuenta este factor. Ambos cálculos se realizan para el 21 de cada mes, de las 6 a las 18 horas.

El primer balance de energía se hizo como si no hubiera vegetación en el sitio, pero sí se tomó en cuenta las sombras que generan los dos edificios en el punto de análisis. A este balance de energía se le llamó: **balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%)**, refiriéndonos al hecho de que cuando los edificios no dieran sombra en el punto de análisis, la transmisividad sería del 100%, debido a que no hay vegetación que bloquee la radiación. Este balance fue el punto de contraste para medir la influencia de la vegetación en el confort del peatón.

En el segundo balance de energía se consideró la vegetación y, de igual manera que en el primer balance, se tomó en cuenta las sombras que generan los edificios sobre el punto de análisis. La vegetación utilizada tenía una transmisividad del 50%; es decir, que deja pasar 50% de la radiación incidente sobre el punto de análisis; a este balance se le llamó: **balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%)**.

Estos balances buscan determinar cómo influencia la vegetación en el confort del peatón en el punto de análisis que, en este caso, es en la calle en medio de dos edificios.

Ambos balances se realizan como si el peatón estuviera cruzando la calle y se ubicara en el medio de la misma. Las condiciones del peatón y sus alrededores para el balance de energía se describen a continuación:

Condiciones del Peatón		
Actividad Metabólica	Caminando Lentamente (4km/h)	180 W/m ²
Aislamiento de la Ropa	Polo, pantalones largos, medias y zapatos	75 m ² C/W
Permeabilidad de la Ropa	Polo, pantalones largos, medias y zapatos	150 s/m
Albedo de la Ropa	Ropa clara	50%
Condiciones de los Alrededores		
Albedo de los Objetos	Hormigón	50%
Albedo del Suelo	Césped o Concreto	30%

Tabla 5.14. Condiciones del peatón utilizadas para los estudios de caso 1.

Fuente: Con base a Ochoa (2009), elaborado por el autor.

El balance de energía necesita otras variables para poder ser calculado por el programa CONFEX de Ochoa (2010), la forma de calcular estas variables está descrita en el capítulo 4.

Los resultados de ambos balances se presentan en una matriz que muestra los valores obtenidos en el estudio y al mismo tiempo interpreta la sensación que percibe la persona. Estas matrices compilan los resultados obtenidos para el día 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas.

5.4.2.1 Caso 1. Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-101.23	-58.14	-16.42	244.86	280.74	306.8	346.85	135.36	160.51	168.82	153.39	112.34	56.83
Febrero	-104.22	-55.61	-16.49	9.05	271.28	293.94	333.43	155.91	185.21	195.76	181.2	140.53	77.54
Marzo	-111.12	92.22	197.25	256.95	279.73	295.69	322.91	393.37	447.14	221.46	207.08	164.44	88.68
Abril	-85.21	-32.87	2.01	24.38	40.31	85.38	295.39	380.76	435.17	444.72	199.17	162.82	97.06
Mayo	-70.45	-19.1	12.88	30.76	44.51	250.17	260.86	304.82	341.36	344.21	305.92	110	50.57
Junio	-67.69	-27.68	1.33	21.78	36.87	232.17	248.54	283.24	310.25	308.46	272.47	91.32	42.81
Julio	-65.54	-23.22	6.52	26.6	47.55	247.58	258.11	296.13	326.68	325.97	288.89	96.79	42.81
Agosto	-70.67	-28.85	1.86	23.45	45.64	75.86	217.97	268.73	297.79	296.49	121.35	90.63	41.76
Septiembre	-80.13	-34.26	-1.61	19.74	34.18	63.66	236.56	280.93	127.21	307.51	266.66	81.83	28.67
Octubre	-84.89	-42.03	-7.89	13.42	234.86	244.49	264.05	98.05	111.89	114.68	100.16	65.82	15.48
Noviembre	-87.63	-47.64	-9.44	228.77	259.95	277.72	304.45	100.72	116.26	119.94	104.79	67.93	19.85
Diciembre	-90.59	-47.97	-6.03	275.16	311.9	340.42	373.21	118.76	143.01	150.27	135.55	94.88	42.56

Tabla 5.15. Balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%), -estudio de caso 1.

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-97.13	-59.83	-23.21	115.48	143.52	299.48	339.71	128.52	151.7	160.1	146.42	109.92	60.23
Febrero	-100.12	-58.05	-23.26	0.62	138.07	286.69	326.13	148.95	176.18	186.69	173.69	137.3	80.87
Marzo	-98.39	-50.86	-17.2	5.9	23.64	280.82	306.91	163.64	192.79	438.02	192.67	157.14	94.48
Abril	-82.2	-36.97	-5.9	15.12	31.08	77.95	287.32	373.07	425.49	314.86	190.57	157.99	99.37
Mayo	-67.5	-23.26	4.93	21.48	35.29	240.54	252.75	296.83	330.85	236.38	212.99	105.3	52.99
Junio	-65.38	-30.86	-5.25	13.46	27.86	222.18	239.84	273.28	300.11	298.88	186.23	87.29	44.62
Julio	-63.08	-26.59	-0.37	17.99	38.34	237.44	249.37	287.55	316.22	221.27	197.63	92.87	49.31
Agosto	-67.5	-31.43	-4.39	15.27	36.65	67.55	209.03	258.63	288.46	204.57	114.58	87.5	44.4
Septiembre	-76.13	-36.6	-7.87	11.59	25.43	55.77	149.96	273.07	118.13	298.92	259.89	78.96	32.14
Octubre	-80.9	-43.94	-13.93	5.51	119.87	236.95	256.41	90.8	103.19	106.36	93.65	63.42	19
Noviembre	-83.61	-49.09	-15.8	109.74	133.5	270.28	297.14	93.75	107.69	111.68	98.41	65.95	23.35
Diciembre	-86.53	-49.7	-13.1	134.47	161.25	333.1	366.24	110.53	134.13	141.35	128.39	92.5	45.99

Interpretación del balance de energía de la persona (B)							
Colores							
Interpretación	Muy frío	Frío	Lig. frío	Confort	Lig caluroso	Caluroso	Muy caluroso
B (W/m ²)	B<-250	-250<B<-150	-150<B<-50	-50<B<50	50<B<150	150<B<250	250<B
SCE	3	2	1	0	-1	-2	-3

Nota:

B= Balance de energía de la persona

SCE= Sensación de confort exterior

Tabla 5.16. Balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%), -estudio de caso 1.

En la tabla 5.15, se puede observar el resultado del balance de energía de la persona sin tener vegetación que la proteja. Son pocas las horas en que la persona se encuentra en confort, el calor inicia desde las 7 hasta las 18 horas. Por otra parte, en las madrugadas de todo el año se percibe un ligero frío pero en los meses de enero y febrero dicho frío se extiende hasta las 7 horas.

Por otro lado, la tabla 5.16 muestra el balance de energía de la persona que considera vegetación en el punto de análisis. Al comparar esta tabla con la tabla anterior se observaron cambios positivos, muchas de las casillas que eran muy calurosas o calurosas pasaron a ser ligeramente calurosas. Algunas horas entraron en confort, como es el caso del periodo de las 7 a las 10 horas del mes de marzo. Por otra parte, si se equipara cada una de las casillas inidentificadas como ligeramente caluroso, caluroso o muy caluroso, con las casillas de la tabla anterior se advertirá que la sensación de calor ha disminuido en W/m^2 .

5.4.2.2 Caso 1. Resultados mensuales del balance de energía de la persona en porcentajes

Con base a los resultados de los balances de energía de la persona, se obtuvieron porcentajes mensuales para definir con mayor claridad cuándo y cómo la vegetación influyen en el confort del peatón.

Los porcentajes obtenidos del balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), se les llamó: **sin vegetación 100% de transmisividad**; mientras que los porcentajes derivados del balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), se les nombró: **con vegetación 50% de transmisividad**. Estos porcentajes fueron separados por mes y se describen de la tabla 5.17 a la 5.19.

También se obtuvo un resumen anual en porcentajes para ambos balances de energía. Para obtener dichos resúmenes se tomaron todos los valores resultantes de cada balance de energía, de acuerdo a los rangos interpretación que determinan si la persona está en confort o no, se obtuvieron los porcentajes (ver fig. 5.30).

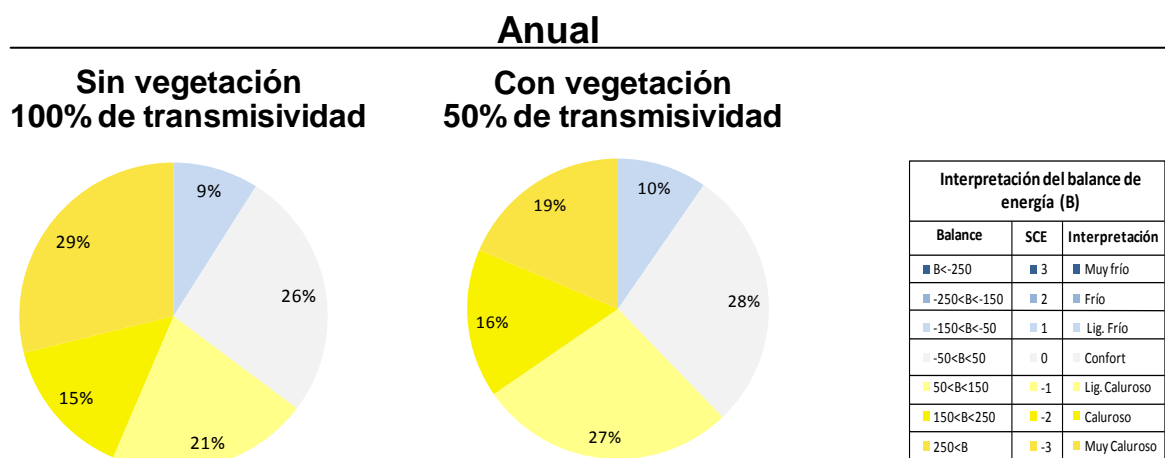


Figura 5.30. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, resumen anual, -estudio de caso 1.

Al comparar los resúmenes anuales, se puede apreciar que, en cuanto al confort del peatón específicamente, la vegetación no tuvo mucho efecto. Sin embargo el porcentaje de la categoría muy caluroso se redujo notablemente, lo que quiere decir que la sensación de calor disminuyó con la presencia de vegetación.

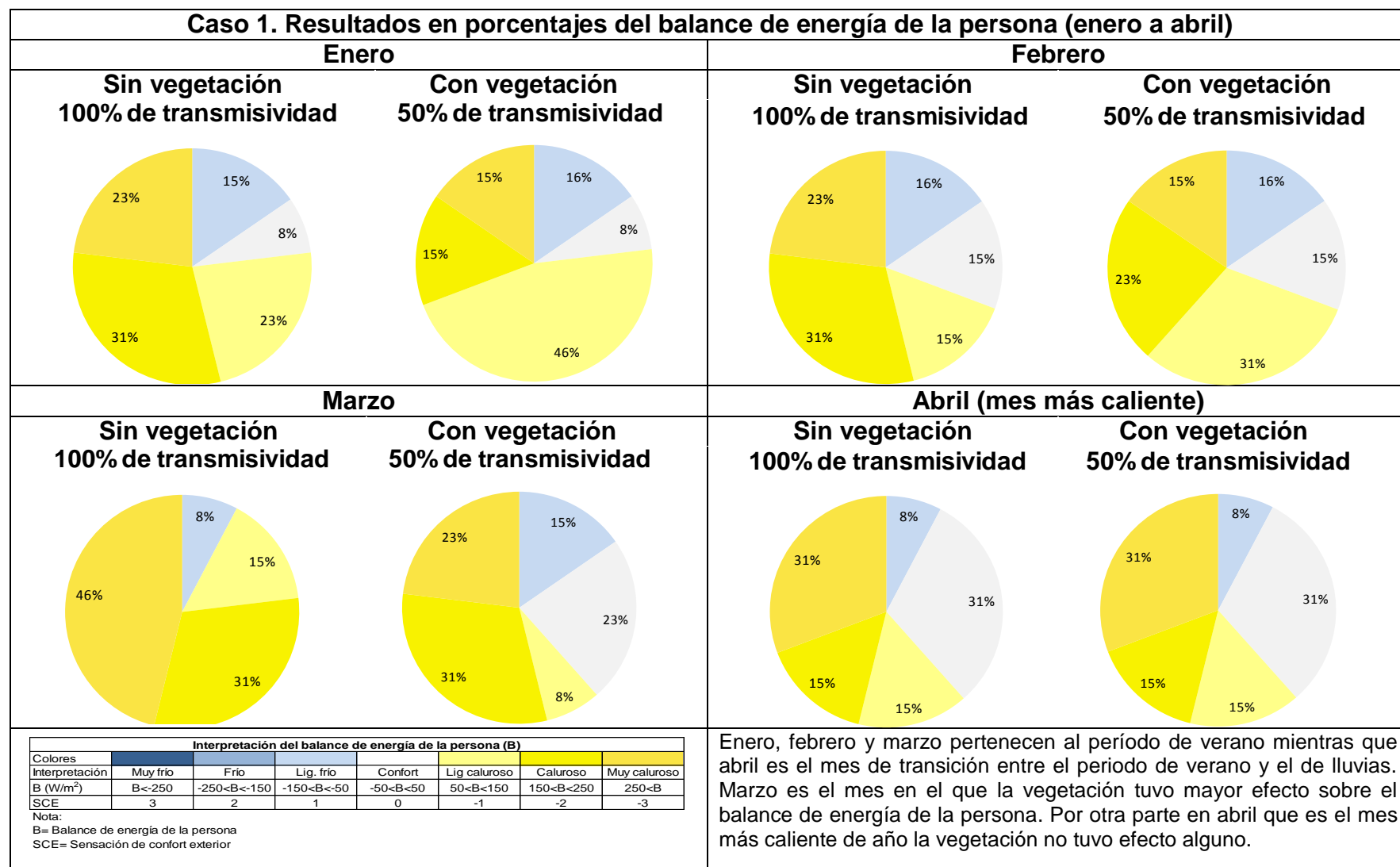


Tabla 5.17. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (enero a abril).

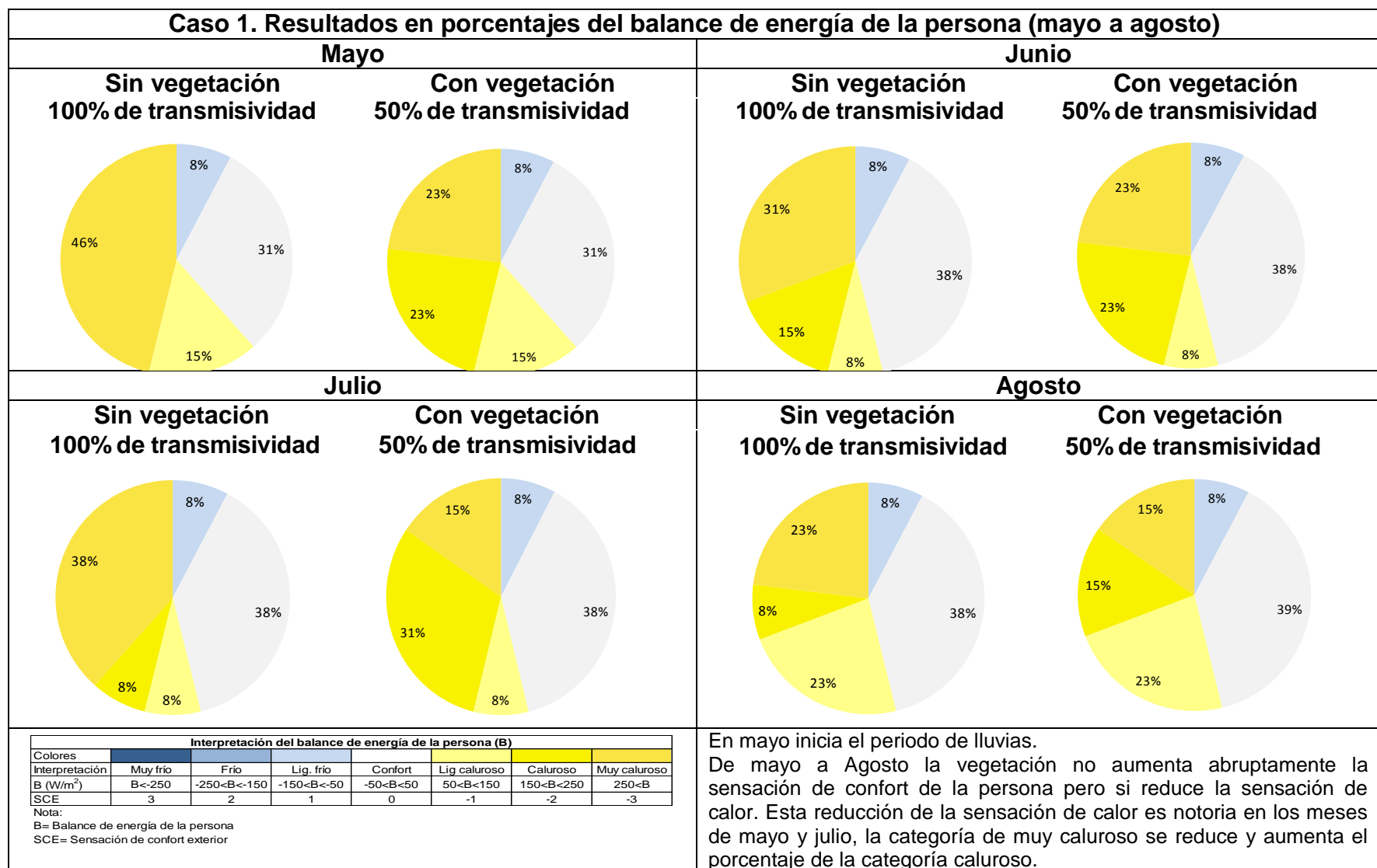


Tabla 5.18. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (mayo a agosto).

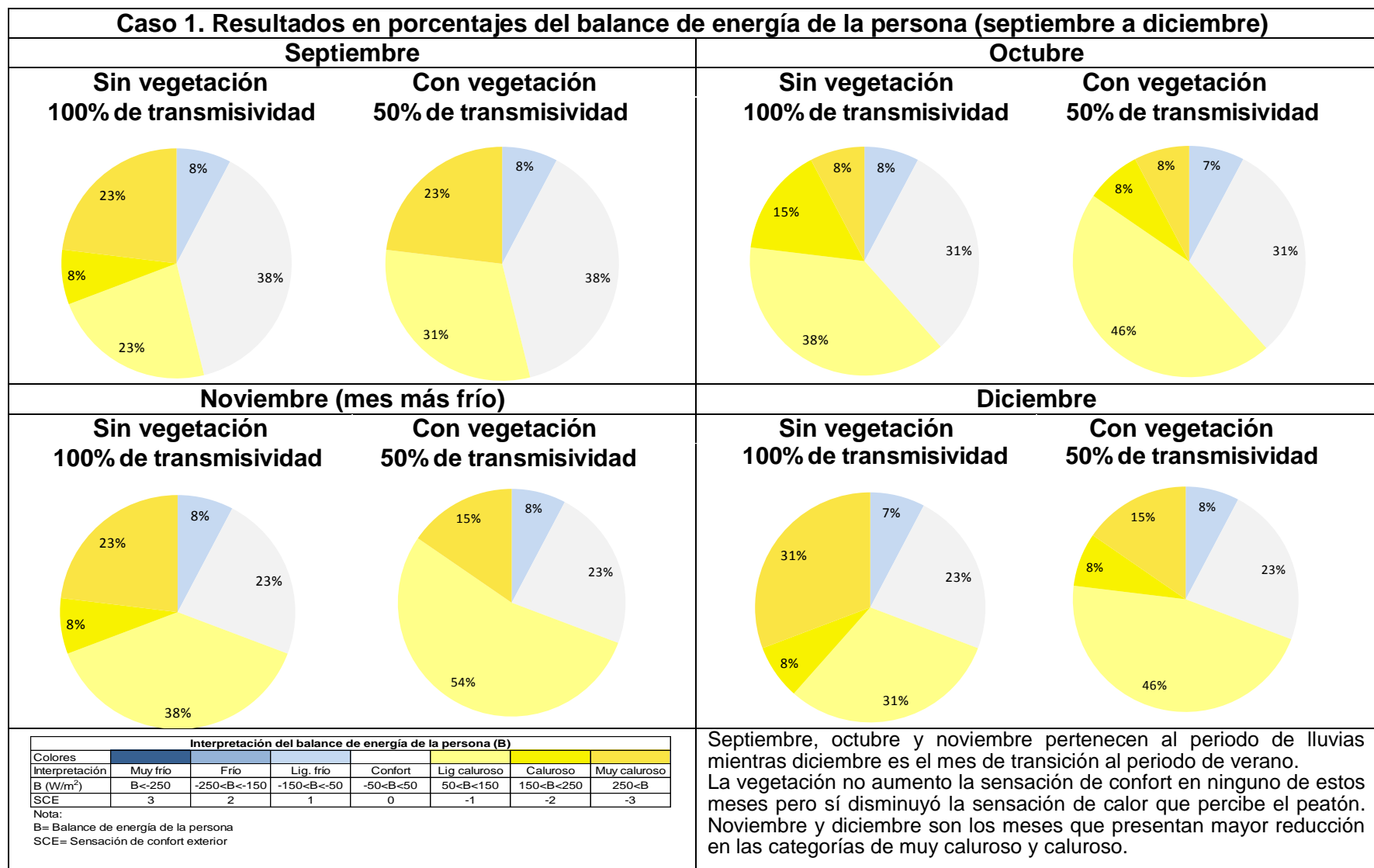


Tabla 5.19. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (septiembre a diciembre)

5.4.2.3 Caso 1. Resultados horarios del balance de energía de la persona en porcentajes

Con base en los resultados de los balances de energía de la persona, se obtuvieron porcentajes horarios para definir con mayor claridad cuándo y cómo la vegetación influye en el confort del peatón.

Los porcentajes horarios obtenidos del balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), se les llamó: **sin vegetación 100% de transmisividad**; mientras que los porcentajes derivados del balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), se les nombró: **con vegetación 50% de transmisividad**. Estos porcentajes fueron separados por hora y se describen de la tabla 5.20 a la 5.23.

Los balances de energía de las persona se calcularon para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas. Para obtener los porcentajes horarios, se tomaron los valores obtenidos para cada hora del día 21 de cada mes y se compararon con los rangos de interpretación que determinan si la persona está en confort o no.

Esto permite tener una idea más clara sobre en qué horas la persona percibe más calor y cuándo la vegetación tiene efectos sobre esta sensación.

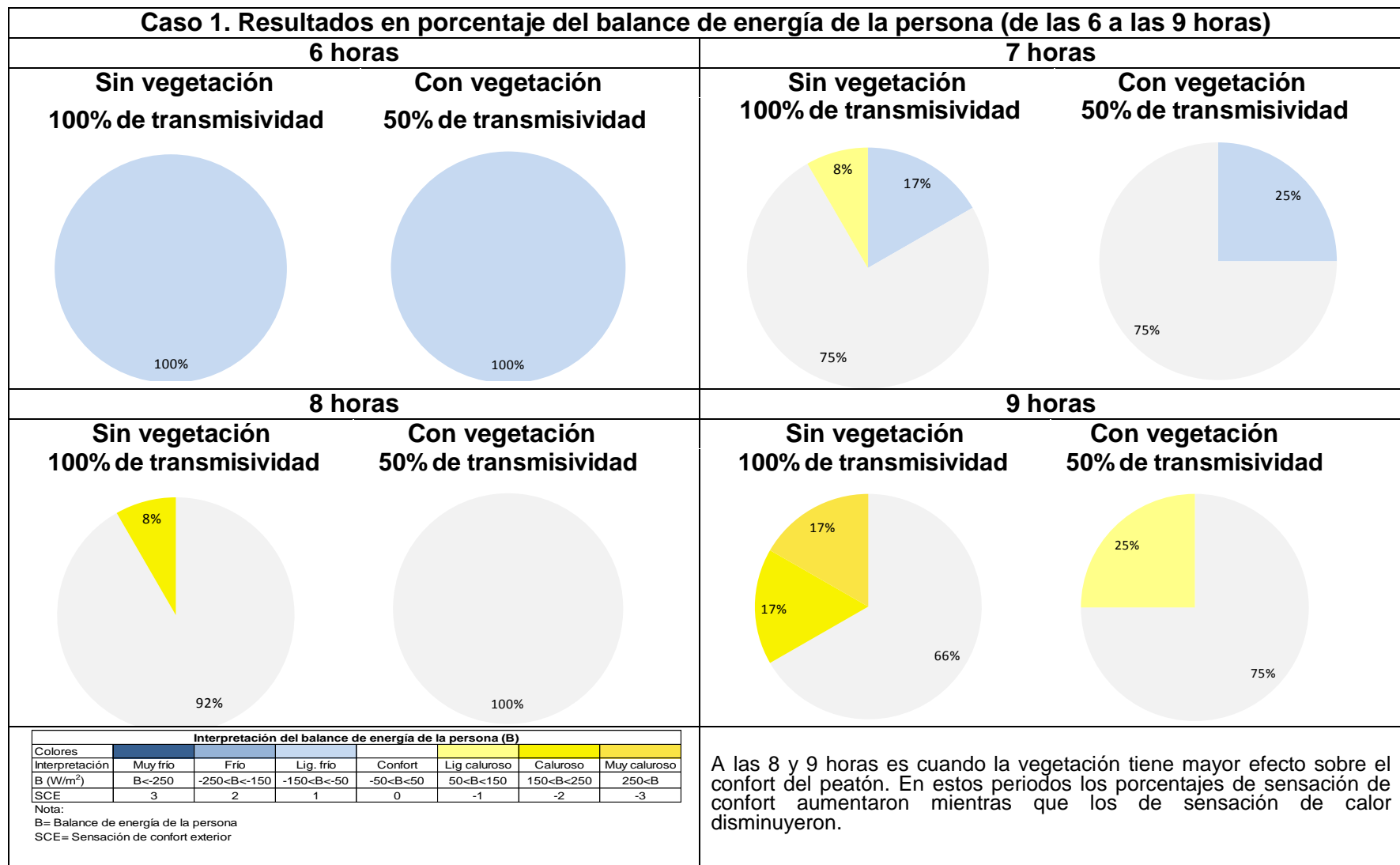


Tabla 5.20. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 6 a las 9 horas).

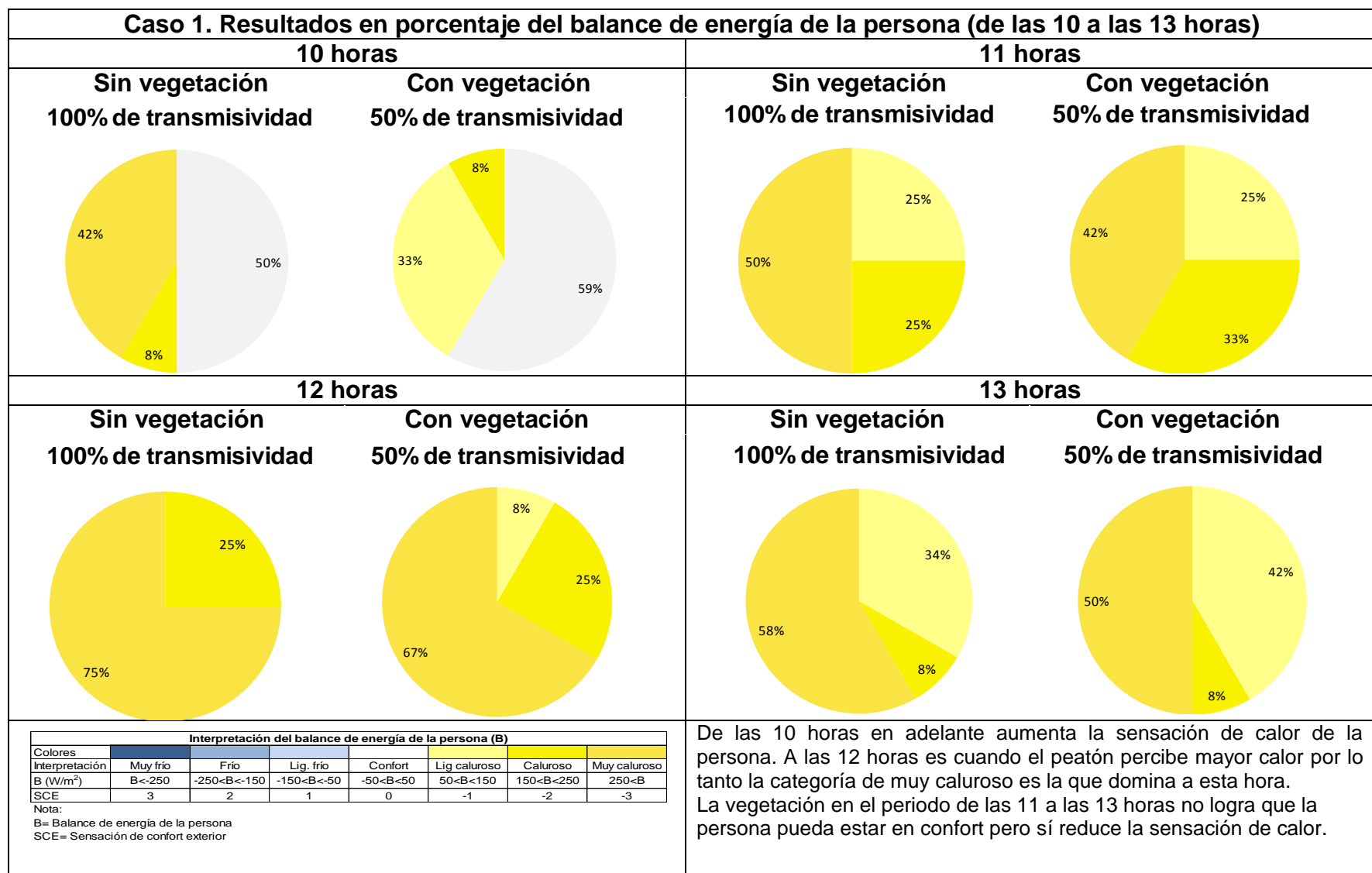


Tabla 5.21. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 10 a las 13 horas).

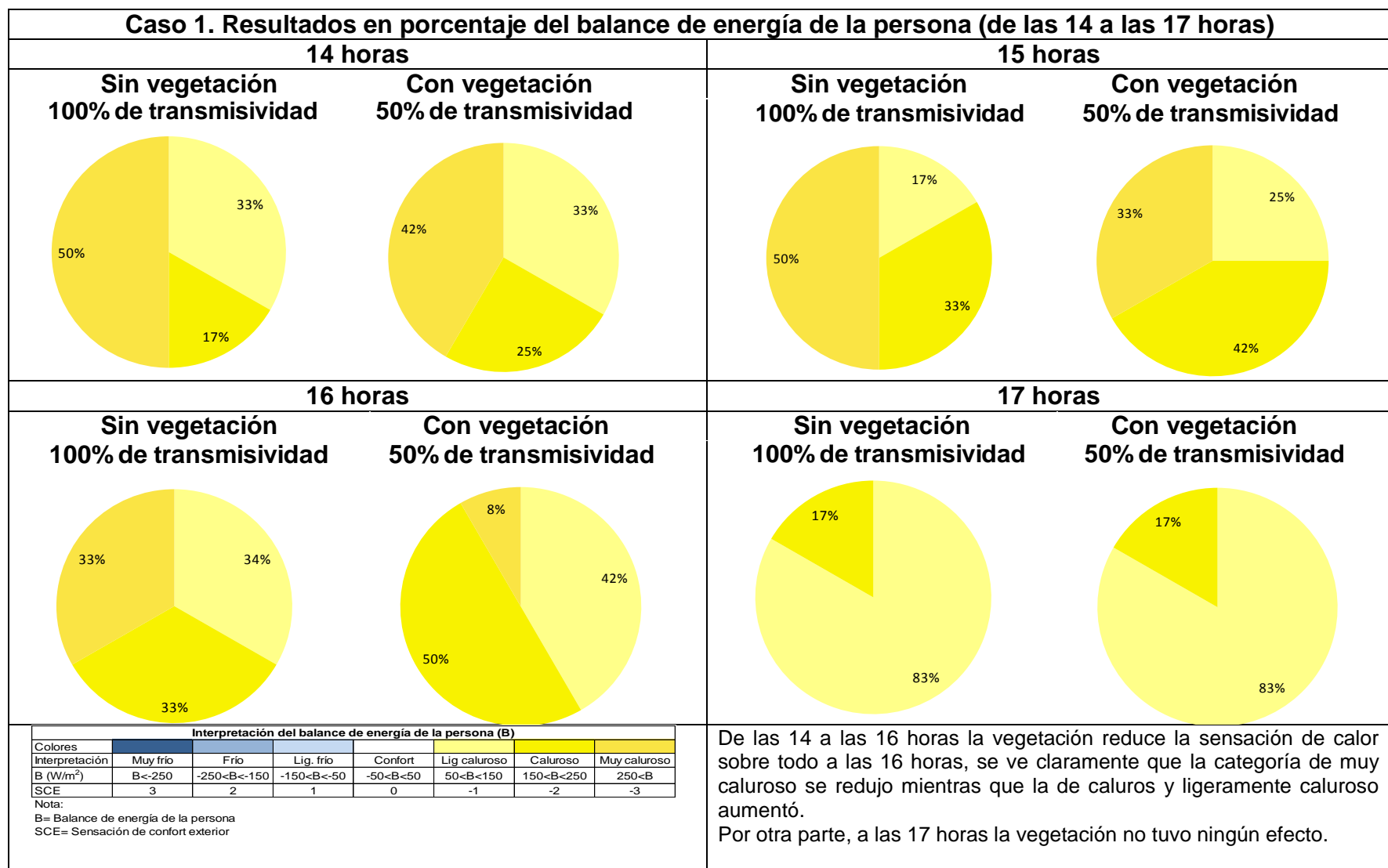


Tabla 5.22. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 14 a las 17 horas).

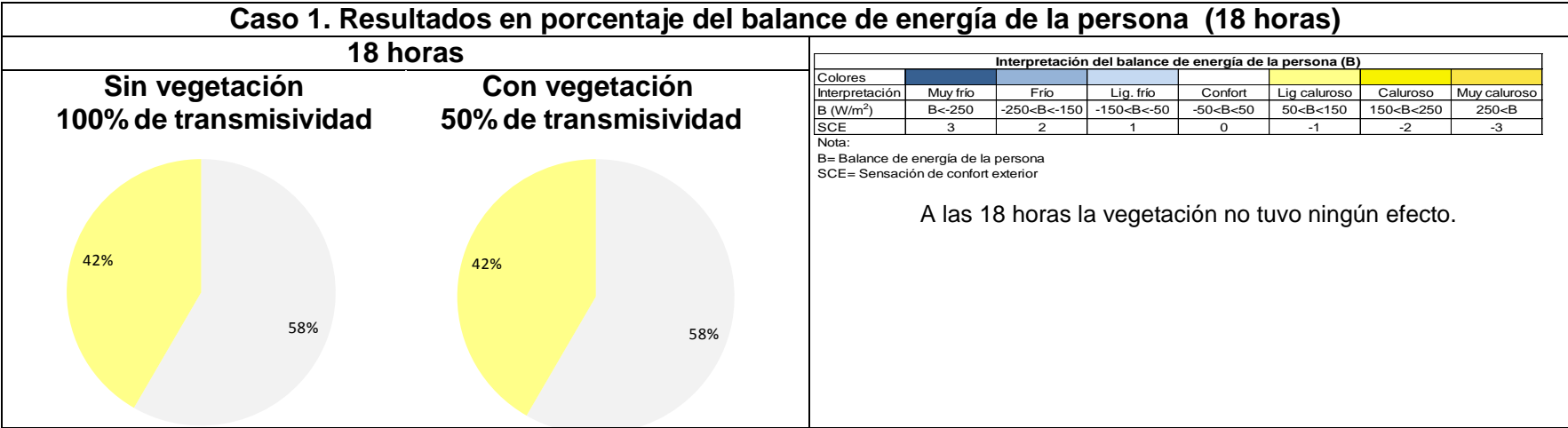


Tabla 5.23. Caso 1. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (18 horas).

ESTUDIO DE CASO 2: PLAZA FRENTE AL EDIFICIO

5.5 Estudio de caso 2: Paza frente al edificio

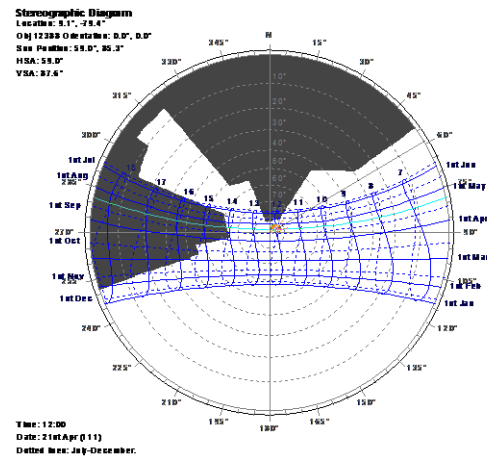


Figura 5.31. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 2.

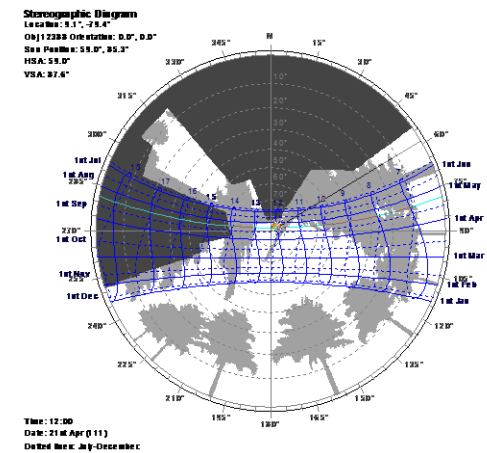
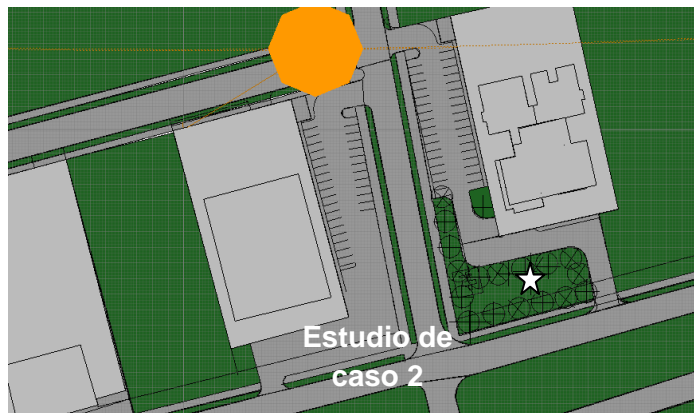


Figura 5.32. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 2, con vegetación.

Fuente de Fig. 5.31 y 5.32.: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

Se realizaron 3 estudios de caso dentro de la zona de estudio. El segundo estudio de caso evalúa un punto en la plaza del frente del edificio; en la figura 5.31 y 5.32, se señala con una estrella el punto seleccionado para la evaluación. Se decidió esta ubicación para el punto de evaluación porque estaría en medio de la plaza peatonal donde circularía el mayor número de personas y así tener un resultado más claro sobre el efecto de la vegetación en esta plaza. Por otra parte, la gráfica estereográfica nos muestra una vista de cielo desde el punto que permite determinar que, tanto los edificios o la vegetación sombrean dicho punto (ver fig. 5.31 y 5.32)

Se realizaron evaluaciones para determinar la temperatura sol-aire de la superficie de la plaza y de las paredes de los edificios cercanos a la misma, primero se obtuvo la temperatura de estas superficies sin vegetación y luego se obtuvieron los resultados con vegetación. Ambas evaluaciones, se realizaron para el 21 de cada mes, en un horario de las 6 a las 18 horas, y así se obtuvieron gráficas de cómo se comportan dichas superficies térmicamente y determinar cómo influye la vegetación sobre la temperatura sol-aire de los objetos. Esta temperatura es importante debido a que los objetos, al recibir los diferentes tipos de radiación, tienen una temperatura más elevada a la temperatura ambiente lo que influye en el confort del peatón.

Luego se realizó el balance de energía de la persona, que indica si la persona está en confort o no; dicho balance se hizo en circunstancias con y sin vegetación para poder comparar y valorar la influencia de ésta. Se obtuvieron porcentajes tanto mensuales como horarios para ambas situaciones.

Todas las figuras y tablas presentes en este apartado del estudio de caso 1. que no tengan fuente debajo de las mismas, fueron elaboradas por el autor, con base a los resultados de: la hoja de cálculo de temperatura Sol-aire fundamentada en las ecuaciones del ASHRAE (2005); y a los resultados de los análisis que se obtuvieron con CONFEX de Ochoa (2010).

5.5.1 Caso 2. Temperatura de las superficies

En este análisis para determinar la temperatura de las superficies (paredes y suelo), fue necesario calcular la temperatura sol-aire de las superficies y saber en qué momento dichas superficies están sombreadas por edificios o árboles.

La temperatura sol-aire de todas las superficies (paredes y suelo) involucradas en los estudios de caso, se calculó con base en las ecuaciones del ASHRAE (2005), ya descritas en la metodología de análisis de los tres estudios de caso (capítulo 4).

Se hicieron dos cálculos de temperatura sol-aire para cada una de las superficies; el primero de ellos, no consideró vegetación, por lo que su

transmisividad es de 100%; en el segundo, sí se toma en cuenta y se considera una vegetación con transmisividad de 50%.

Por otra parte, mediante el programa ECOTECT (2010), se realizaron dos estudios de sombreado para cada superficie, el objetivo era determinar qué elementos (edificios o vegetación) generaban sombra sobre la superficie analizada, además de establecer en qué momento ocurría.

El primer estudio sólo consideró la sombra generada por los edificios, mientras que el segundo incorporó la vegetación. Los valores de sombreado obtenidos en el primero son la referencia para determinar cuándo la vegetación sombrea las superficies. Por tal razón, se compararon los valores de sombreado de ambos estudios.

Con estos datos de sombreado se pudo definir la temperatura que tienen las superficies a lo largo del día, dependiendo si estas reciben radiación o si están sombreadas por edificaciones o por vegetación.

Con toda esta información se graficaron distintas variables, las cuales se describen a continuación:

Temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 100%):

Corresponde a la temperatura que tiene la superficie cuando ningún elemento la sombrea; en otras palabras, la radiación incide directamente sobre la superficie.

Temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 50%):

Corresponde a la temperatura que tiene la superficie cuando la vegetación, con 50% de transmisividad, sombrea la pared o el suelo.

Temperatura del suelo o pared con sombra de edificios (transmisividad de 100%): Es la temperatura de la superficie a lo largo del día, considerando los periodos de sombras generados únicamente por los edificios. En esta variable no se consideró vegetación; por lo tanto, cuando los edificios no somborean la superficie la radiación incide directamente sobre ella. Entonces, la temperatura de la superficie en ese momento es igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared

(transmisividad de 100%). Por otra parte, cuando los edificios sombrean la superficie la temperatura es igual a la temperatura ambiente.

Temperatura del suelo o pared con sombra de edificios y árboles (transmisividad de 50%): Es la temperatura de la superficie a lo largo del día, considerando los periodos de sombra generados por los edificios y los árboles.

Para el cálculo de las sombras generadas por la vegetación, se consideraron árboles con transmisividad de 50%; es decir, que dejan pasar el 50% del total de radiación incidente sobre la superficie. Así que, al reducirse la radiación incidente sobre la superficie su temperatura va a disminuir; por lo tanto, la temperatura de la superficie cuando esté sombreada por vegetación será igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 50%).

Los lapsos en que los edificios generan sombra sobre la superficie, la temperatura de ésta será igual a la temperatura ambiente, ya que estas estructuras son elementos sólidos y generan una sombra definida en comparación con la vegetación. Si la radiación incide directamente sobre la superficie, entonces la temperatura de esta pared o suelo, en ese momento, es igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 100%).

Todos esos cálculos y gráficas se efectuaron para cada superficie (paredes y suelo) involucrada en los estudios de caso, estos análisis se realizaron para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas.

A pesar que se tiene la información mensual de cada superficie, se decidió destacar en la investigación los meses más relevantes, que son abril y noviembre, que corresponden respectivamente con el mes más caliente y el mes más frío. Por tal razón, en cada estudio de caso la descripción del comportamiento térmico de las superficies de las superficies se especifica de acuerdo al mes más caliente y al mes más frío.

5.5.1.1 Caso 2. Temperatura del suelo (abril)

Basándonos en la temperatura media mensual, se determinó que el mes más caliente es el mes de abril, con una temperatura media de 28.1°C y una de máxima 33.5°C.

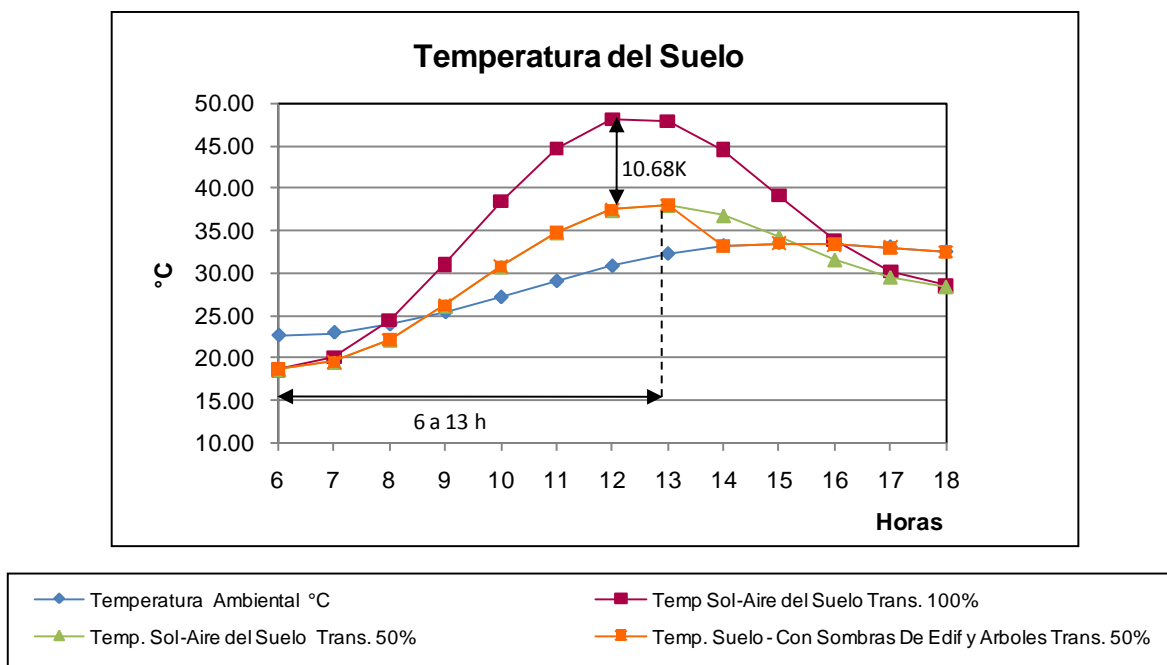


Figura 5.33. Temperatura del suelo del mes de abril, –estudio de caso 2.

La evaluación se realizó el día 21 del mes de abril de las 6 a las 18 horas, la línea azul indica la temperatura ambiente; la línea roja, indica la temperatura sol–aire que tiene el suelo cuando no está sombreado ni por edificios ni por vegetación (transmisividad del 100%); la línea verde, señala la temperatura sol-aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada en todo momento por una vegetación con transmisividad de 50% (ver fig. 5.33).

En referencia específica al suelo del punto de análisis, la línea naranja representa la temperatura que tiene esta superficie considerando la sombra que generan sobre ella los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.33).

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad se comprueba que con colocar vegetación con 50% de transmisividad se puede

obtener una reducción máxima de 10.68 K en la temperatura de la superficie (ver fig. 5.33 y tabla 5.24).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	12	48.13 °C	10.68 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		37.45 °C	

Tabla 5.24. Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo, mes de abril, –estudio de caso 2.

Por otra parte para establecer con claridad los momentos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura del suelo se siguieron los criterios descritos en la tabla 5.25. Estos criterios determinan cuando el suelo del punto analizado recibe radiación o cuando este se encuentra sombreado por edificios o la por vegetación.

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no					
	Si la temperatura del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombran la superficie en el punto de análisis
					El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra
			Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando
			Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis

Tabla 5.25. Criterios para determinar si la superficie esta sombreada o no.

Fuente: Con base a Ochoa (2010b), elaborado por el autor.

Con base en estos criterios (ver tabla 5.25), se analizó cómo se comporta la temperatura del suelo a lo largo del día (ver fig. 5.33), se obtuvieron los períodos en que el suelo se encuentra sombreado por los edificios o por los árboles e incluso, se determinó cuándo el suelo recibe radiación directamente (ver tabla 5.26).

Períodos en que el suelo en el punto de análisis se encuentra sombreado o recibe radiación						
Efectos sobre la superficie				Períodos (h)		
	La superficie esta sombreada por los edif.				14-17	
	La superficie esta en sombra porque el sol no ha salido o se ha ocultado					18
	La radiación incide sobre la superficie					
	Los árboles sombran la superficie			6-13	Disminuye la temp. de 0.01 a 10.68 K	

Tabla 5.26. Períodos en que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, abril, estudio de caso 2.

Se puede ver claramente, tabla 5.26, que a las 15 horas es el único período en que la vegetación sombrea el suelo y tiene efectos sobre la temperatura del mismo. Dicho efecto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.34.

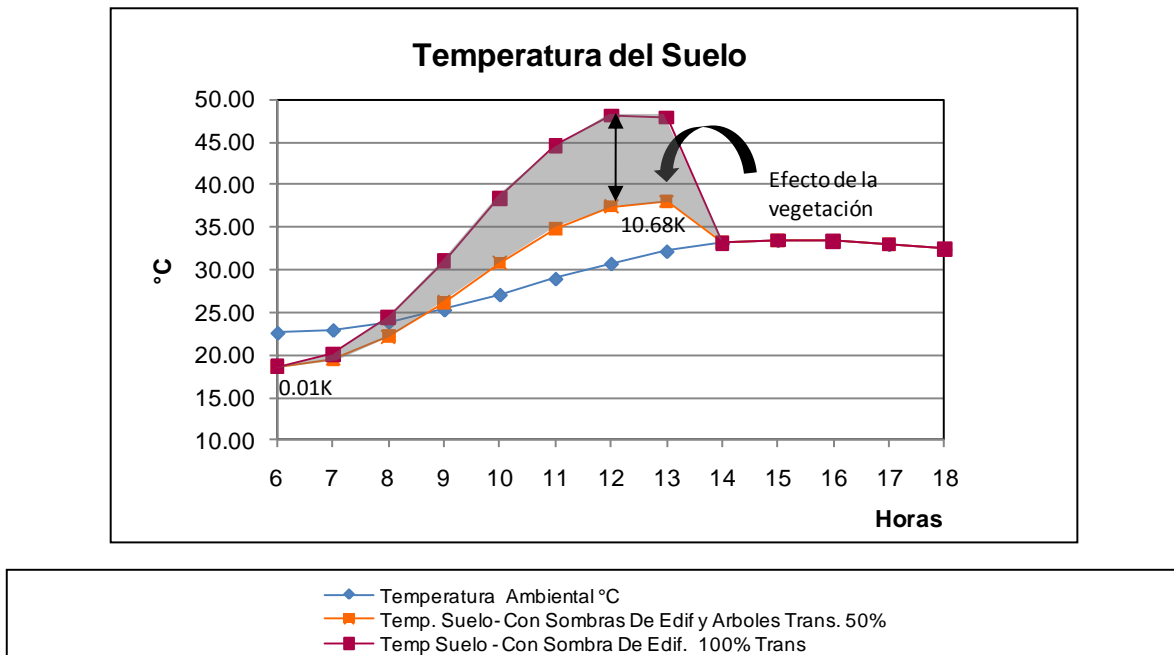


Figura 5.34. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo del mes de abril, —estudio de caso 2.

La línea roja de la fig. 5.34 es la temperatura del suelo, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; de este modo, al no considerar los árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuando la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura del suelo, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables, se puede ver claramente que el 21 de abril, de las 6 a las 13 horas, la sombra de la vegetación disminuye la temperatura de la superficie de 0.01 a 10.68K.

5.5.1.2 Caso 2. Temperatura del suelo (noviembre)

De igual manera que el mes de abril, se determinó que noviembre es el mes más frío, éste tiene una temperatura media de 26.6°C y una de mínima de 22.6°C.

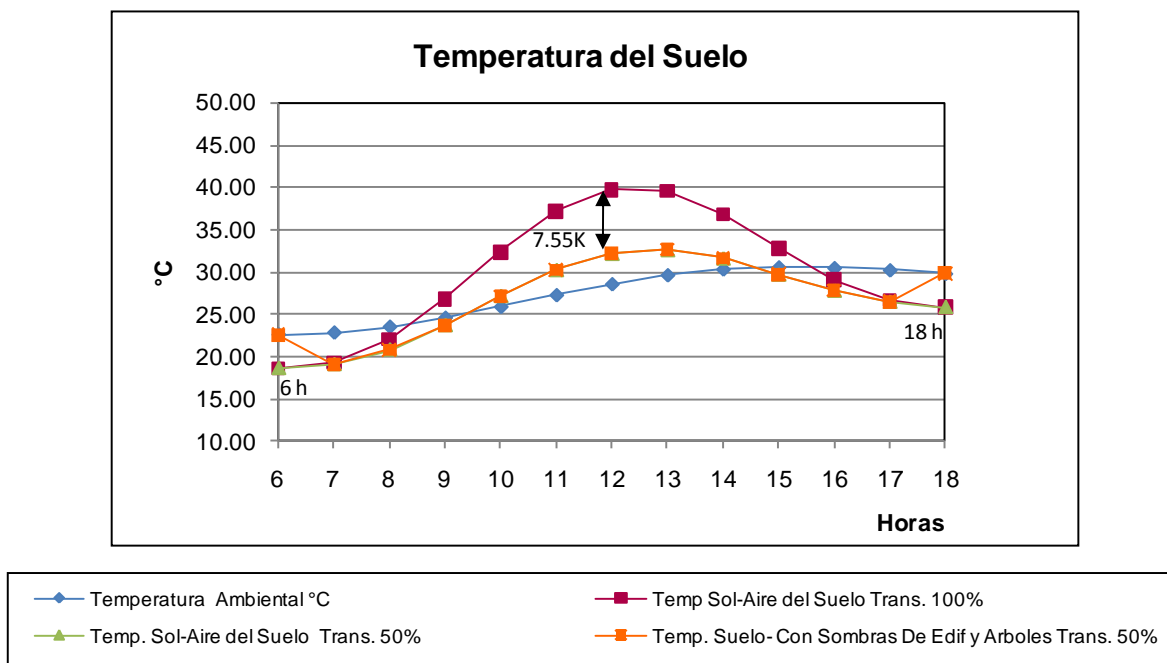


Figura 5.35. Temperatura del suelo del mes de noviembre, –estudio de caso 2.

La evaluación se realizó el día 21 del mes de noviembre en un horario de 6 a 18 horas; la línea azul, indica la temperatura ambiente; la línea roja indica la temperatura sol–aire que tiene el suelo cuando no está sombreado (transmisividad de 100%); la línea verde señala la temperatura sol-aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada en todo momento por una vegetación con transmisividad de 50% (ver fig. 5.35).

La línea naranja desglosa cómo se comporta térmicamente la superficie a lo largo del día, teniendo en cuenta la sombra que generan sobre dicha superficie los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.35).

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que con colocar vegetación con 50% de transmisividad se puede obtener una reducción máxima de 7.55 K, en temperatura de la superficie (ver tabla 5.27).

Comparación de resultados de la temperatura sol– aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	12	39.76 °C	7.55 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		32.21 °C	

Tabla 5.27. Comparación de resultados de la temperatura sol–aire del suelo, –estudio de caso 2.

Por otra parte, la tabla 5.28 presenta los períodos en que el suelo se encuentra sombreado, por los edificios o por los árboles, y también muestra los momentos en que el suelo recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura del suelo.

Dichos períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura del suelo (ver fig.5.35), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.28).

Criterios para determinar si la superficie esta sombreada o no					Periodos (h)					
Condiciones				Efectos sobre la superf.						
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.						
				El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra.	6					18
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.						
		Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.		7-17	disminuye la temp. del suelo de 0.22 a 7.56 K			

Tabla 5.28. Períodos que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 2.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Períodos:** Con base a resultados de la HCTSA⁶ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

De las 7 a las 17 horas, es el período en que la vegetación sombrea el suelo y por lo tanto tiene efectos sobre la temperatura del mismo (ver tabla 5.28). Dicho efecto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.36.

⁶ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

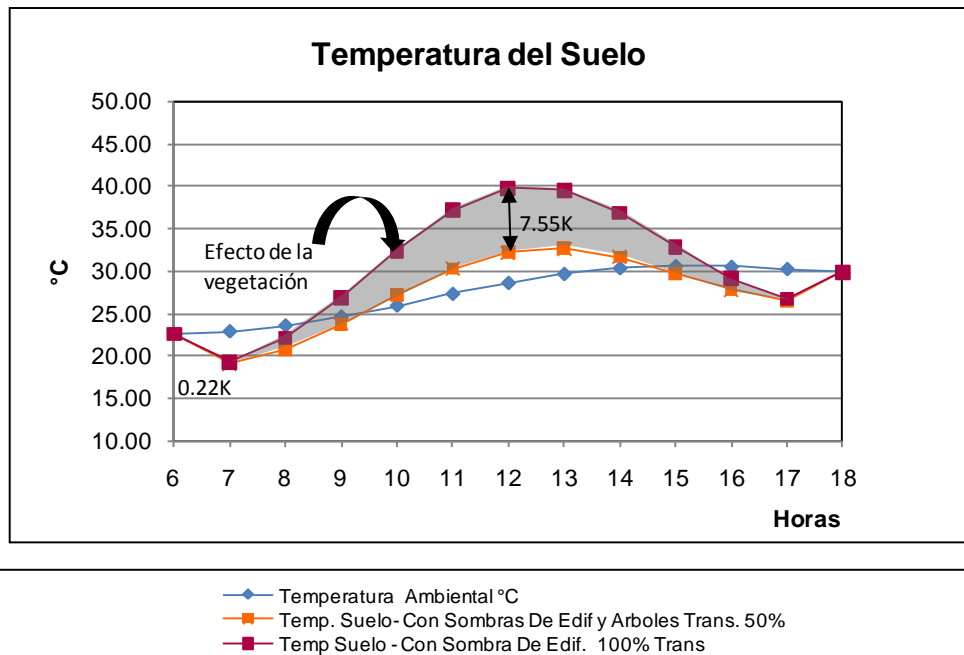


Figura 5.36. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, noviembre, –estudio de caso 2.

La línea roja de la fig. 5.36, es la temperatura del suelo, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura del suelo, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables, se puede observar claramente que el 21 de noviembre, de las 7 a las 17 horas, la sombra de la vegetación disminuye la temperatura del suelo de 0.22 a 7.55 K (ver fig. 5.36).

5.5.1.3 Caso 2. Temperatura de la pared SE (abril)

Basándonos en la temperatura media mensual, se determinó que el mes más caliente es el mes de abril, con una temperatura media de 28.1°C y una de máxima 33.5°C.

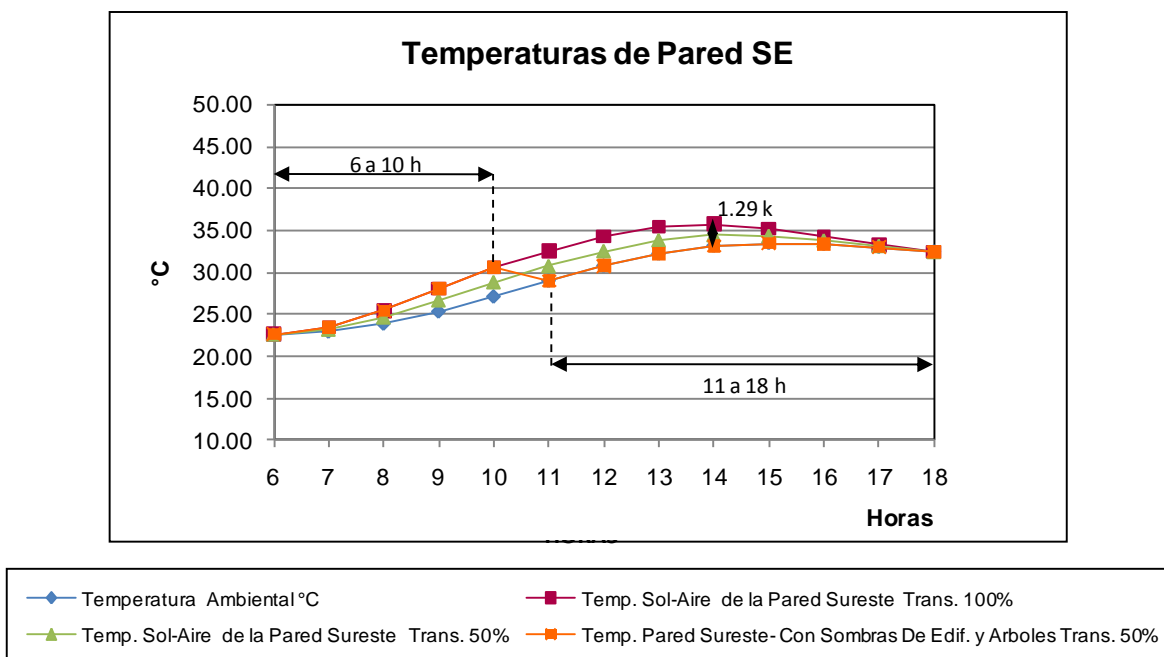


Figura 5.37. Temperatura de la pared SE del mes de abril, – estudio de caso 2.

La evaluación se realizó el 21 de abril de las 6 a las 18 horas; la línea azul, indica la temperatura ambiente; la línea roja, indica la temperatura sol–aire que tiene la pared SE cuando no se encuentra sombreada (transmisividad de 100%); la línea verde, señala la temperatura sol-aire que tiene la superficie cuando la vegetación tiene una transmisividad de 50% (ver fig. 5.37). La línea naranja demuestra cómo se comporta térmicamente la pared SE, teniendo en cuenta la sombra que generan sobre ella los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.37).

En la fig. 5.37, se observó que los valores de temperatura sol-aire (línea roja y línea verde) y los valores de temperatura ambiente (línea azul) se encuentran muy cerca unos de otros. Esto se debe a la orientación de la pared, ya que el Sol en abril se inclina más hacia el norte; por lo tanto, incide menor radiación sobre la superficie SE. En el periodo de las 6 a las 8 horas, debido a la orientación de la pared más hacia el sur que hacia el este, los rayos de la mañana inciden muy poco o nada sobre la superficie, pero ya después de las 8 horas los rayos comienzan a incidir sobre la misma. Sin embargo, en el periodo de las 16 a las 18 horas, la radiación no incide directamente sobre la pared debido a que los rayos solares vienen del oeste.

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que, con colocar vegetación con 50% de transmisividad, se puede obtener una reducción máxima de 1.29 K, en temperatura de la superficie (ver tabla 5.29).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	14	35.76 °C	1.29 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		34.47 °C	

Tabla 5.29. Comparación de resultados de la temperatura sol –aire de la pared SE, abril, – estudio de caso 2.

Por otra parte, la tabla 5.30 presenta los períodos en que pared SE está sombreada por los edificios o por los árboles y también muestra los momentos en que la pared recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura de la pared. Dichos períodos, se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura de la pared SE (ver fig.5.37), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.30).

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no				Periodos (h)			
Condiciones			Efectos sobre la superf.				
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:	Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.		11-17		
			La superficie esta en sombra debido a la orientación.				
			El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra			18	
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:	El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.	6-10			
		Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:	Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.				

Tabla 5.30. Períodos en que la pared SE está sombreada o recibe radiación, abril, -estudio de caso 2.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Períodos:** Con base a resultados de la HCTSA⁷ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

⁷ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

Después del análisis, se obtuvo que en ningún momento la vegetación sombrea la pared SE, por lo tanto no tiene efecto sobre la temperatura de esta superficie (ver tabla 5.30). Esto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.38.

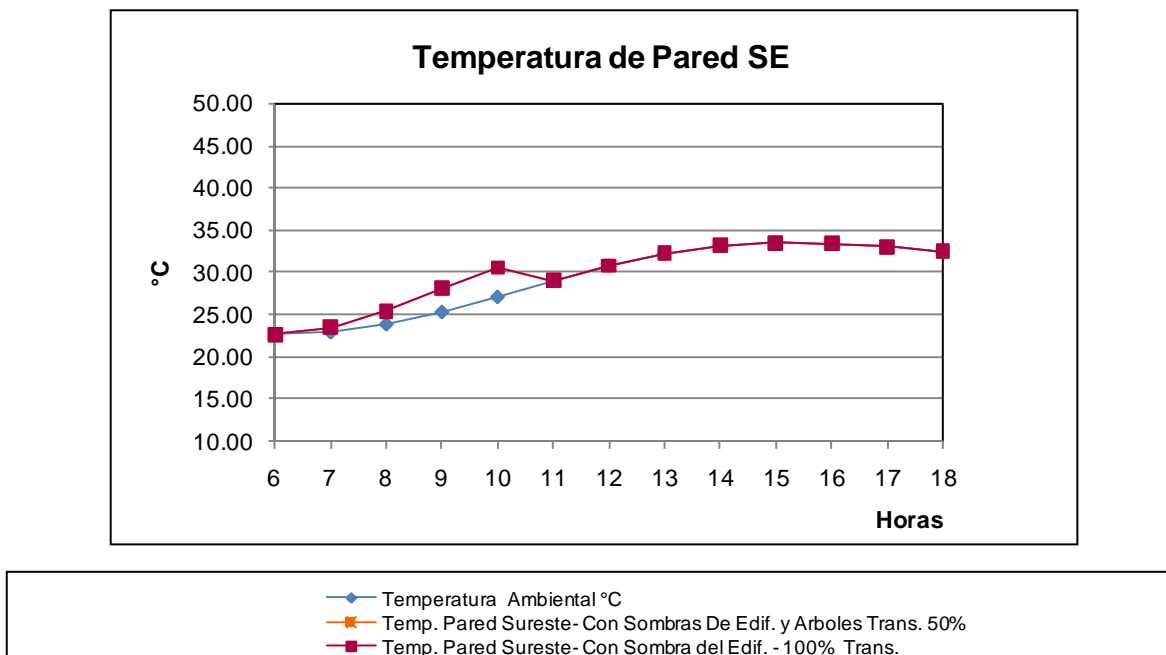


Figura 5.38. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SE, abril, –estudio de caso 2.

La línea roja de la fig. 5.38, es la temperatura de la pared, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura de la pared, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al observar la fig. 5.38, se muestra que la temperatura de la pared que contempla el sombreado de la vegetación y de los edificios (línea naranja), es igual a la temperatura que tiene la pared que recibe únicamente el sombreado de los edificios (línea roja); esto demuestra que la vegetación no tiene ningún efecto sobre la temperatura de la pared SE.

5.5.1.4 Caso 2. Temperatura de la pared SE (noviembre)

De igual manera que el mes de abril, se determinó que noviembre es el mes más frío, éste tiene una temperatura media de 26.6°C y una de mínima de 22.6°C.

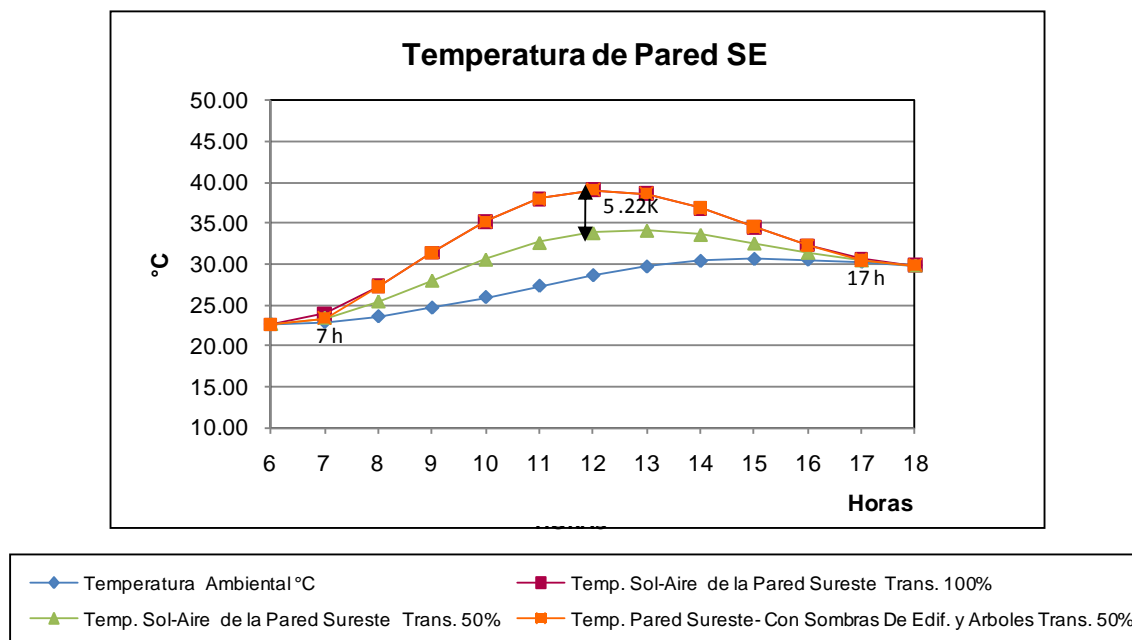


Figura 5.39. Temperatura de la pared SE, noviembre, –estudio de caso 2.

Esta evaluación se hizo para el 21 de noviembre, mes más frío, el resto de las condiciones y variables se mantienen iguales a las de la evaluación anterior.

En la fig. 5.39, se observa que los valores de temperatura sol-aire (línea roja y línea verde) y los valores de temperatura ambiente se encuentran más separados entre ellos, en comparación con los valores obtenidos para abril. Esto se debe a que la pared tiene una orientación SE y que el sol en noviembre se inclina más hacia el sur, por lo tanto incide mayor radiación sobre la superficie.

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad se comprueba que, con colocar vegetación con 50% de transmisividad, se puede obtener una reducción máxima de 5.22 K en la temperatura de la superficie (ver fig. 5.39 y tabla 5.31).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	12	39.09 °C	5.22 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		33.87 °C	

Tabla 5.31. Comparación de resultados de temperatura sol –aire, pared SE, noviembre, –estudio de caso 2.

Por otra parte, la tabla 5.32 presenta los períodos en que la pared SE está sombreada, por los edificios o por los árboles, y también muestra los momentos en que la pared recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura de la pared.

Dichos períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura de la pared SE (ver fig.5.39), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.32).

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no				Periodos (h)						
Condiciones			Efectos sobre la superf.							
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.						
				La superficie esta en sombra debido a la orientación.						
				El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra	6				18	
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.			8-16			
		Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.		7		17	Diminuye la temperatura de 0.21 a 0.53 K	

Tabla 5.32. Períodos en que la pared SE está sombreada o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 2.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Períodos:** Con base a resultados de la HCTSA⁸ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

Entre las 7 y 17 horas, es el único período en que la vegetación sombrea la pared SE; por lo tanto, tiene efectos sobre la temperatura de la misma (ver tabla

⁸ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

5.32). Dicho efecto sobre la temperatura de la superficie no fue muy notorio como se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.40.

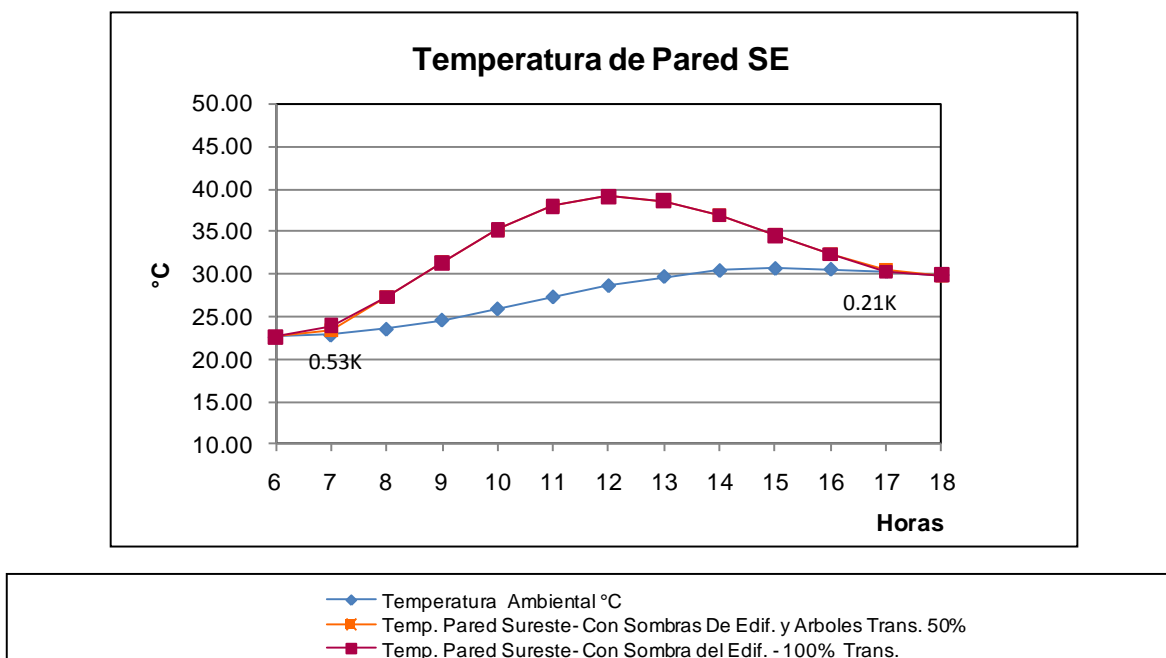


Figura 5.40. Efecto de la vegetación sobre la temperatura de la pared SE, noviembre, –estudio de caso 2.

La línea roja de la fig. 5.40, es la temperatura de la pared, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura de la pared, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables la vegetación disminuye la temperatura de la pared SE de 0.21 a 0.53 K, esto ocurre a las 7 y 17 horas pero dicho efecto es tan mínimo que no se aprecia en la gráfica (ver fig. 5.40).

5.5.2 Caso 2. Balance de energía de la persona

El balance de energía de la persona permite saber si el individuo está en confort o no en espacios exteriores; se trata es un balance de intercambio de energía de la persona con el medio ambiente que se relaciona con la sensación de calor o frío(Ochoa, 2009). Para el cálculo de este balance se utiliza el programa CONFEX de Ochoa (2010).

Para el estudio de caso 2, se realizaron dos cálculos del balance de energía de la persona, el primero no considera la sombra que genera la vegetación y el segundo sí toma en cuenta este factor. Ambos cálculos se realizan para el 21 de cada mes, de las 6 a las 18 horas.

El primer balance de energía se hizo como si no hubiera vegetación en el sitio, pero sí se tomó en cuenta las sombras que generan los dos edificios en el punto de análisis. A este balance de energía se le llamó: **balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%)**, refiriéndonos al hecho de que cuando los edificios no dieran sombra en el punto de análisis, la transmisividad sería del 100%, debido a que no hay vegetación que bloquee la radiación. Este balance fue el punto de contraste para medir la influencia de la vegetación en el confort del peatón.

En el segundo balance de energía se consideró la vegetación y, de igual manera que en el primer balance, se tomó en cuenta las sombras que generan los edificios sobre el punto de análisis. La vegetación utilizada tenía una transmisividad del 50%; es decir, que deja pasar 50% de la radiación incidente sobre el punto de análisis; a este balance se le llamó: **balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%)**.

Estos balances buscan determinar cómo influencia la vegetación en el confort del peatón en el punto de análisis que, en este caso, es en la calle en medio de dos edificios.

Ambos balances se realizan como si el peatón estuviera cruzando la calle y se ubicara en el medio de la misma. Las condiciones del peatón y sus alrededores para el balance de energía se describen a continuación:

Condiciones del Peatón		
Actividad Metabólica	Caminando Lentamente (4km/h)	180 W/m ²
Aislamiento de la Ropa	Polo, pantalones largos, medias y zapatos	75 m ² C/W
Permeabilidad de la Ropa	Polo, pantalones largos, medias y zapatos	150 s/m
Albedo de la Ropa	Ropa clara	50%
Condiciones de los Alrededores		
Albedo de los Objetos	Hormigón	50%
Albedo del Suelo	Césped o Concreto	30%

Tabla 5.33. Condiciones del peaton utilizadas para los estudios de caso.

Fuente: Con base a Ochoa (2009), elaborado por el autor.

El balance de energía necesita otras variables para poder ser calculado por el programa CONFEX de Ochoa (2010), la forma de calcular estas variables está descrita en el capítulo 4.

Los resultados de ambos balances se presentan en una matriz que muestra los valores obtenidos en el estudio y al mismo tiempo interpreta la sensación que percibe la persona. Estas matrices compilan los resultados obtenidos para el día 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas.

5.5.2.1 Caso 2. Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-104.32	62.79	180.46	252.4	290.1	317.83	357.63	399.29	425.54	413.19	351.3	232.69	54.27
Febrero	-107.32	72.34	182.75	248.5	279.42	292.99	343.21	396.64	436.93	432.7	378.99	142.96	75.02
Marzo	-111.12	92.22	197.25	256.95	279.73	295.69	322.91	393.37	447.14	221.46	207.08	164.44	88.68
Abril	-48.82	114.99	212.05	265.47	282.68	295.88	300.46	384.28	207.92	218.82	205.67	166.47	95.32
Mayo	-2.06	97.89	180.18	225.26	242.89	253.91	104.98	309.23	153.39	160.53	148.74	113.55	48.74
Junio	-27.16	85	157.29	200.36	218.98	236.5	100.04	288.33	314.58	139.78	124.88	93.12	41.45
Julio	-25.31	95.6	171.89	215.83	239.51	251.84	107.46	301.04	145.26	146.71	132.14	99.75	45.94
Agosto	-46	71.42	146.22	190.69	215.16	224.59	224	273.62	142.97	142.71	126.45	92.99	39.76
Septiembre	-83.15	70.91	156.46	206.1	225.62	237.48	246.13	287.16	316.59	135.57	119.68	84	26.05
Octubre	-87.91	66.56	161.43	217.53	242.69	253.69	273.4	304.46	326.7	316.28	105.07	67.63	12.83
Noviembre	-90.66	63.3	170.84	236	268.98	288.34	314.83	343.04	359.16	343.65	285.92	178.32	17.21
Diciembre	-93.66	80.69	207.55	283.39	322.11	352.41	384.75	417.13	435.44	417.38	350.11	222.91	39.97

Tabla 5.34. Balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), -estudio de caso 2.

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-99.23	-1.72	75.53	124.81	153.94	181.91	222.87	261.96	287.14	283.29	244.56	167.33	58.49
Febrero	-102.22	3.67	76.78	122.84	148.72	177.65	221.39	269.16	303.66	303.13	270.46	138.95	79.16
Marzo	-106.07	17.26	86.29	128.49	149.61	176.64	215.1	272.58	312.95	209.57	196.88	159.27	92.79
Abril	-67.22	35.01	98.3	135.66	152.5	177.55	202.33	265.13	195.89	206.57	194.98	160.47	98.19
Mayo	-36.55	32.95	86.74	116.95	132.51	151.26	94.32	206.06	141.53	148.46	138.23	107.71	51.75
Junio	-48.26	23.06	70.73	100.85	117	139.62	88.52	190.99	211.85	128.91	116.1	88.53	43.69
Julio	-46.13	30.44	80.36	110.77	132.39	151.68	95.84	200.37	133.41	135.45	122.94	94.88	48.33
Agosto	-58.42	16.45	66.45	98.3	121.11	137.79	150.37	186.33	131.38	131.99	118.05	89.1	43.04
Septiembre	-78.18	13.95	70.57	105.49	122.6	142.31	159.51	190.83	211.83	124.91	111.27	80.43	30.36
Octubre	-82.95	7.97	70.72	109.39	129.57	144.1	167.2	193.73	211.74	206.43	96.99	64.65	17.2
Noviembre	-85.67	3.96	74.4	118.51	143.36	162.61	190.11	216.17	231.7	224.28	188.01	118.57	21.55
Diciembre	-88.62	12.28	94.31	144.77	173.05	202.13	234.92	265.46	284.19	276.53	235.16	154.02	44.23

Interpretación del balance de energía de la persona (B)							
Colores							
Interpretación	Muy frío	Frío	Lig. frío	Confort	Lig. caluroso	Caluroso	Muy caluroso
B (W/m ²)	B<-250	-250<B<-150	-150<B<-50	-50<B<50	50<B<150	150<B<250	250<B
SCE	3	2	1	0	-1	-2	-3

Nota:
B= Balance de energía de la persona
SCE= Sensación de confort exterior

Tabla 5.35. Balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), estudio de caso 2.

En tabla 5.34, se puede observar el resultado del balance de energía de la persona, sin tener vegetación que la proteja en el punto de evaluación. En esta matriz de resultados se aprecia la sensación de calor o frío que percibe la persona. De enero a diciembre de las 7 a las 17 horas y de enero a abril a las 18 horas la persona percibe calor. De acuerdo con los rangos del balance de energía la categoría que predomina es la de muy caluroso.

Por otra parte, a las 6 horas, de enero a marzo y de septiembre a diciembre, la persona percibe una ligera sensación de frío mientras que de abril a agosto, en este mismo horario, la persona está en confort.

La tabla 5.35, muestra el balance de energía de la persona considerando la vegetación en el punto de análisis. Al comparar esta tabla con la tabla anterior, se observaron cambios positivos; muchas de las casillas que eran muy calurosas o calurosas pasaron a ser ligeramente calurosas.

Por otra parte, a las 7 horas de enero a diciembre, la persona logra estar en confort debido a la influencia de la vegetación. Sin embargo, la sensación de frío percibida por la persona a las 6 de la mañana, se extendió enero a abril y de agosto a diciembre debido a la presencia de la vegetación.

5.5.2.2 Caso 2. Resultados mensuales del balance de energía de la persona en porcentajes

Con base a los resultados de los balances de energía de la persona, se obtuvieron porcentajes mensuales para definir con mayor claridad cuándo y cómo la vegetación influyen en el confort del peatón.

Los porcentajes obtenidos del balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), se les llamó: **sin vegetación 100% de transmisividad**; mientras que los porcentajes derivados del balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), se les nombró: **con vegetación 50% de transmisividad**. Estos porcentajes fueron separados por mes y se describen de la tabla 5.36 a la 5.38.

También se obtuvo un resumen anual en porcentajes para ambos balances de energía. Para obtener dichos resúmenes se tomaron todos los valores resultantes de cada balance de energía, de acuerdo a los rangos interpretación que determinan si la persona está en confort o no, se obtuvieron los porcentajes (ver fig. 5.41).

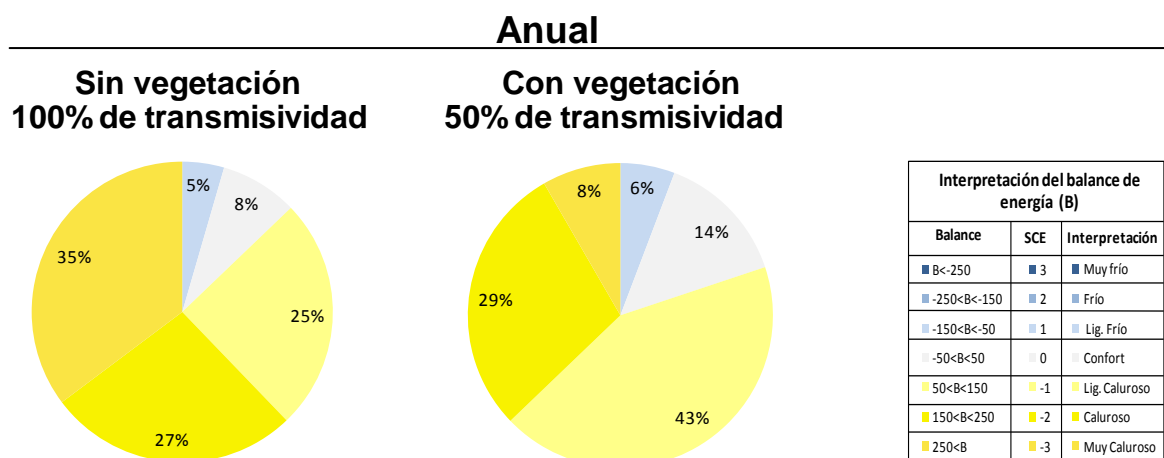


Figura 5.41. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, resumen anual, -estudio de caso 2.

Al comparar los resúmenes anuales, se puede apreciar que, en cuanto al confort del peatón específicamente, la vegetación tuvo efecto. Sin embargo el porcentaje de la categoría muy caluroso se redujo notablemente, lo que quiere decir que la sensación de calor disminuyó con la presencia de vegetación.

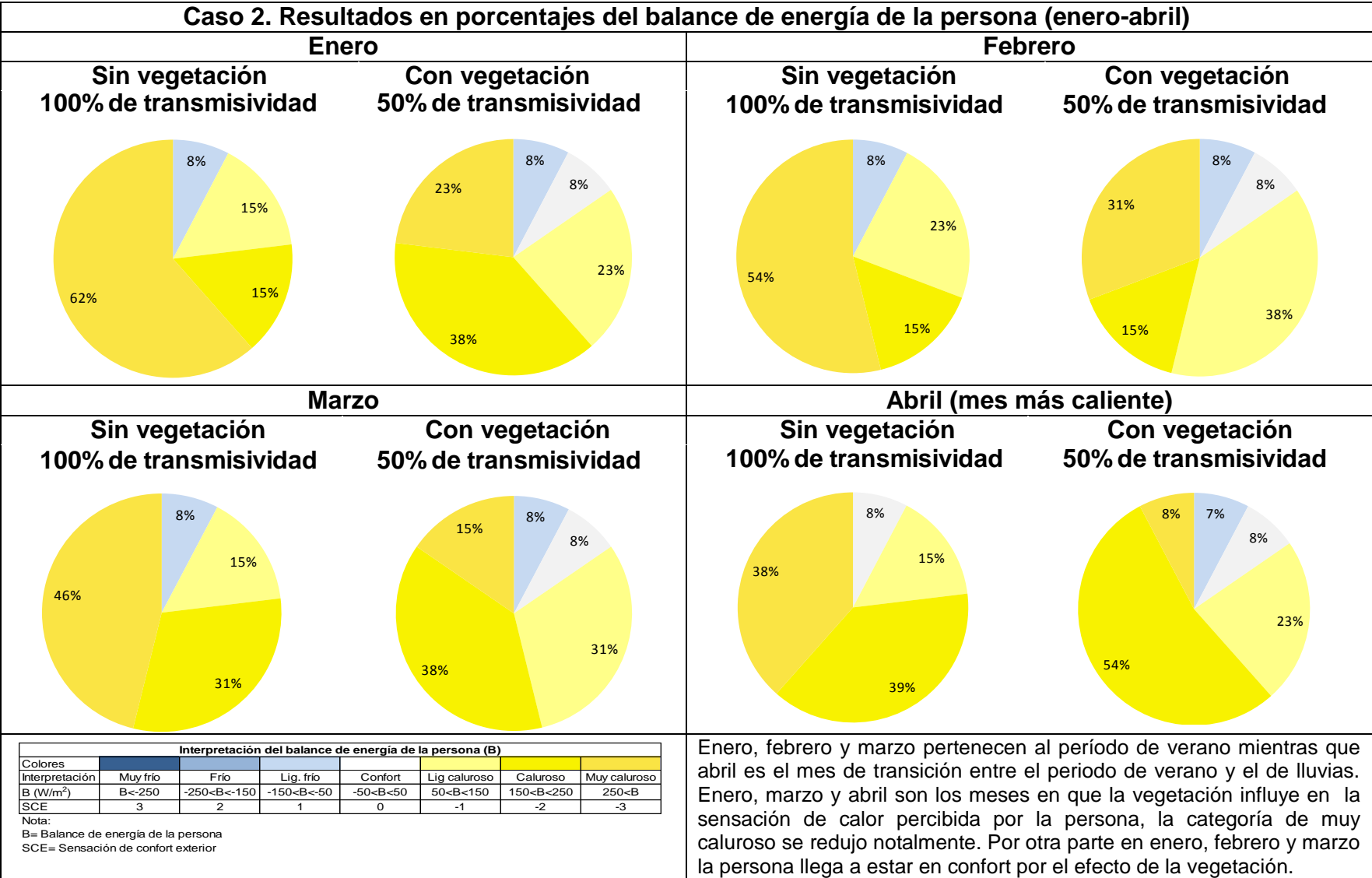


Tabla 5.36. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (enero a abril).

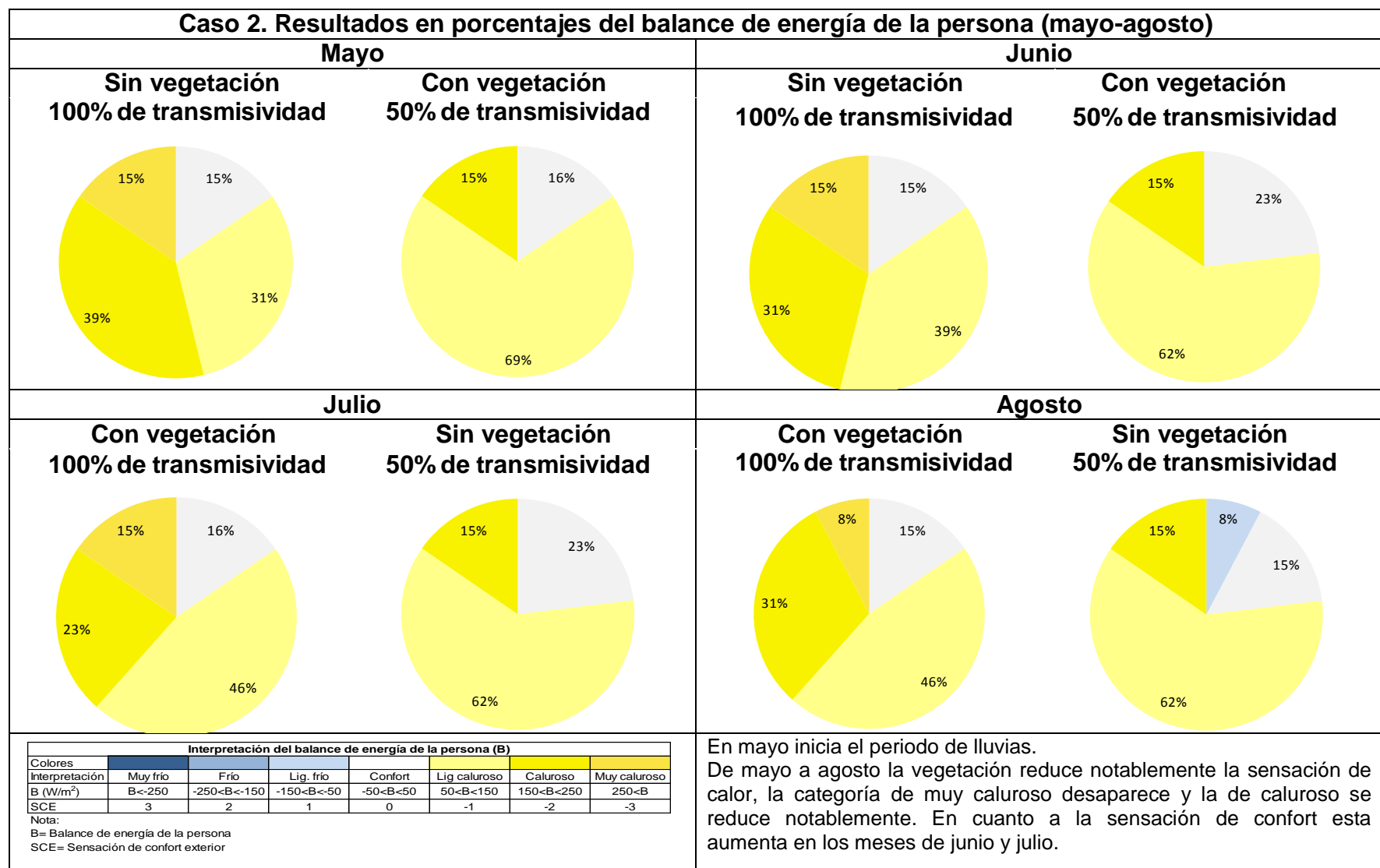


Tabla 5.37 Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (mayo a agosto).

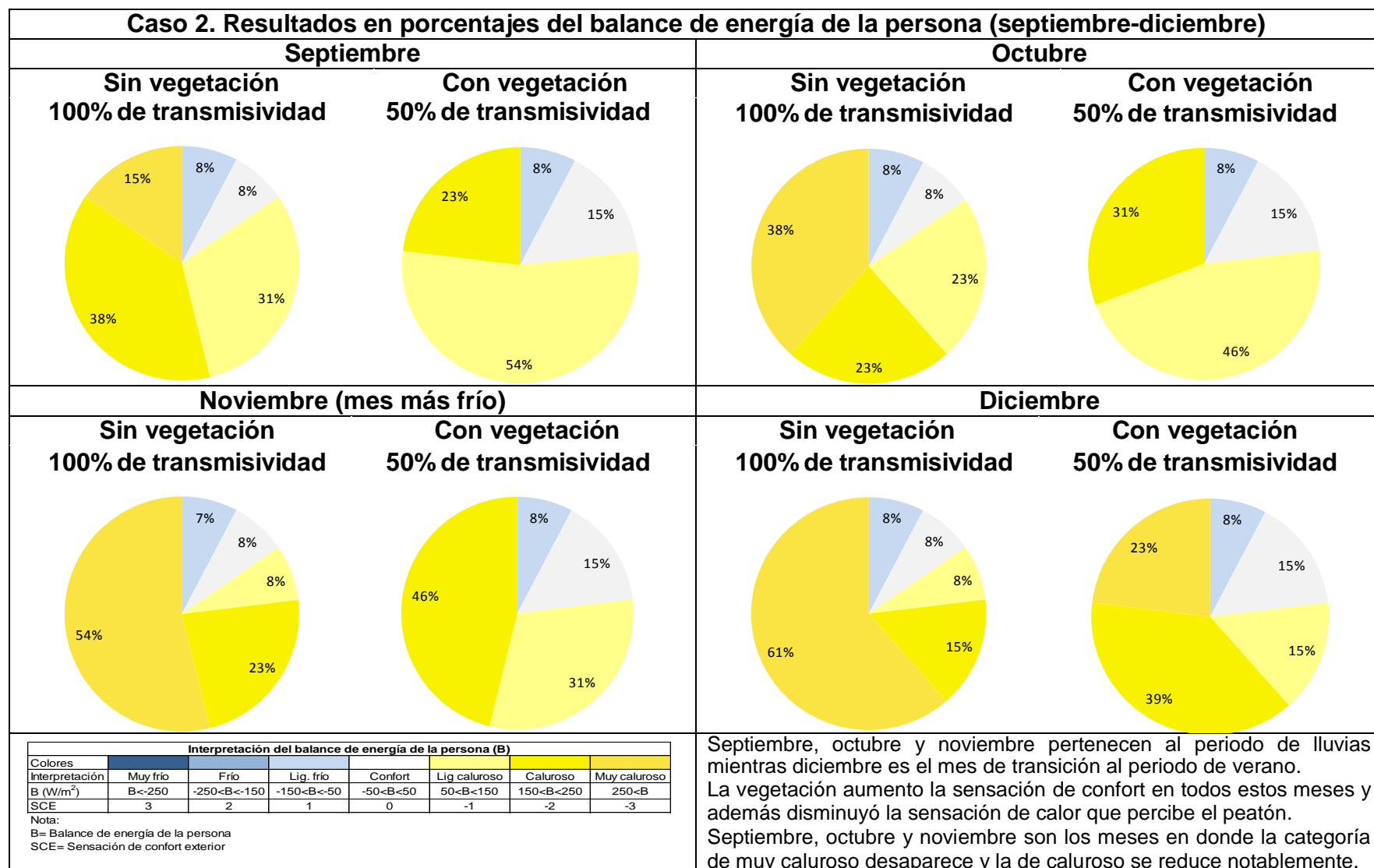


Tabla 5.38. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (septiembre a diciembre)

5.5.2.3 Caso 2. Resultados horarios del balance de energía de la persona en porcentajes

Con base en los resultados de los balances de energía de la persona, se obtuvieron porcentajes horarios para definir con mayor claridad cuándo y cómo la vegetación influye en el confort del peatón.

Los porcentajes horarios obtenidos del balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), se les llamó: **sin vegetación 100% de transmisividad**; mientras que los porcentajes derivados del balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), se les nombró: **con vegetación 50% de transmisividad**. Estos porcentajes fueron separados por hora y se describen de la tabla 5.39 a la 5.42.

Los balances de energía de las persona se calcularon para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas. Para obtener los porcentajes horarios, se tomaron los valores obtenidos para cada hora del día 21 de cada mes y se compararon con los rangos de interpretación que determinan si la persona está en confort o no.

Esto permite tener una idea más clara sobre en qué horas la persona percibe más calor y cuándo la vegetación tiene efectos sobre esta sensación.

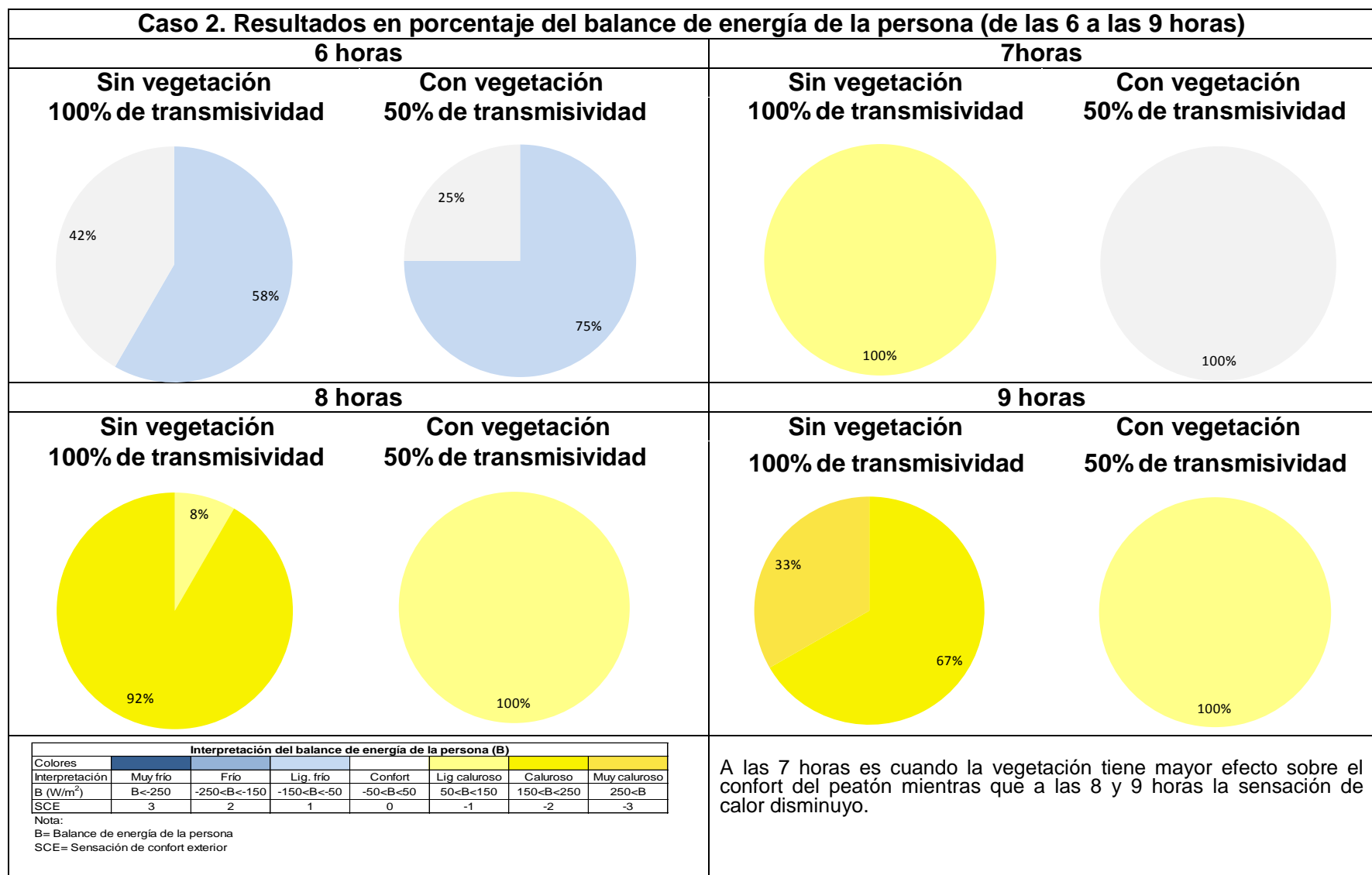


Tabla 5.39. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 6 a las 9 horas).

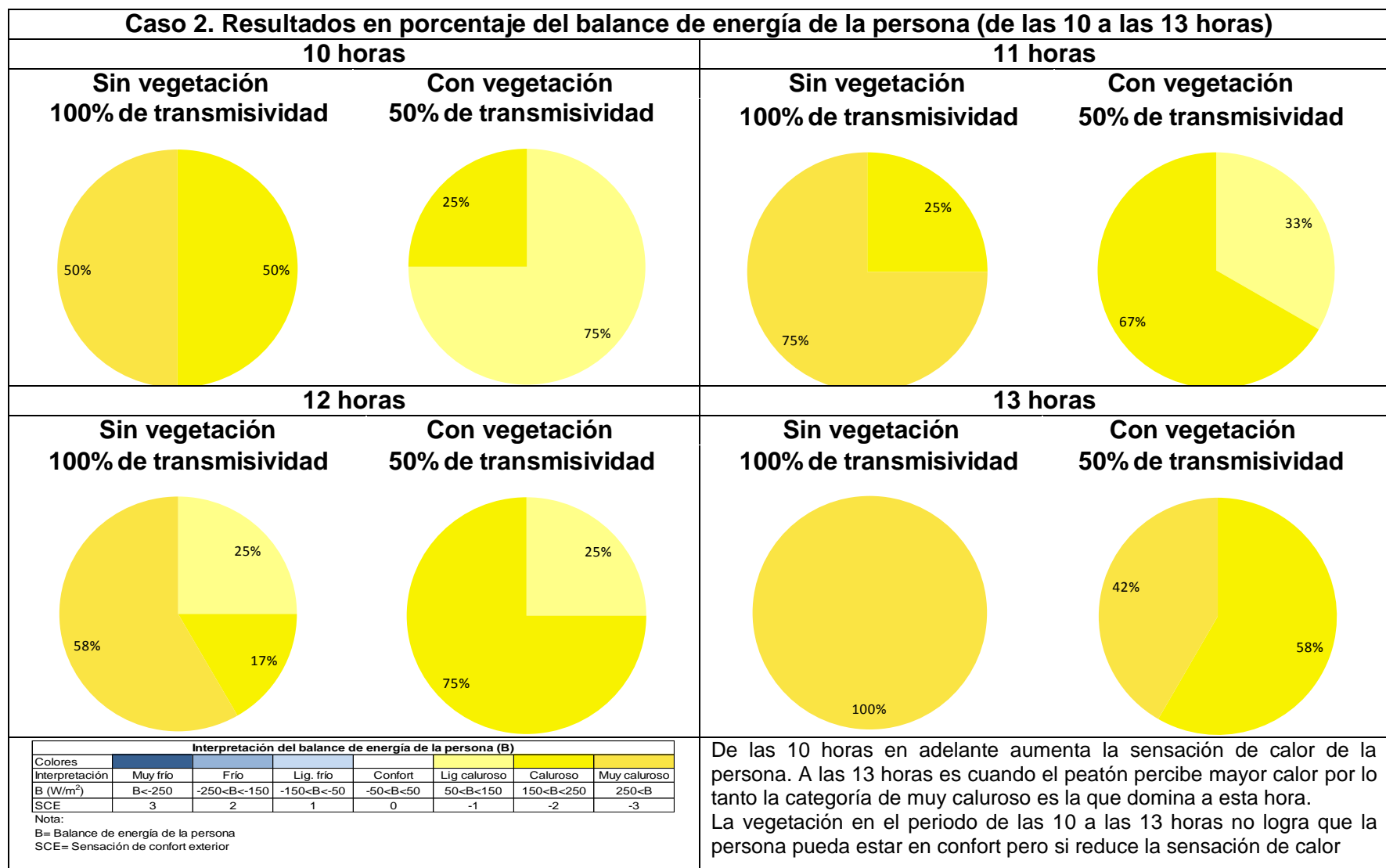


Tabla 5.40. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 10 a las 13 horas).

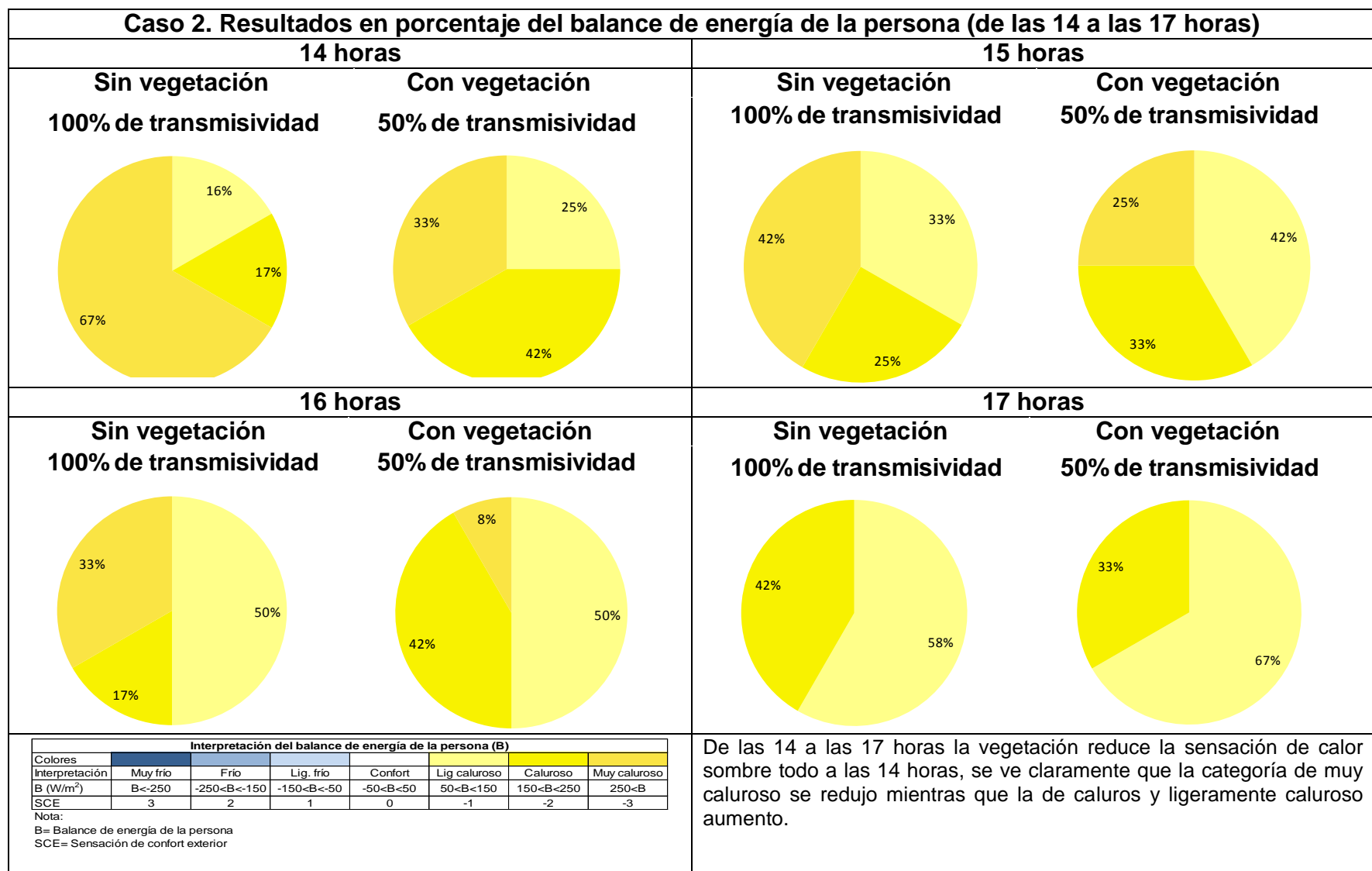


Tabla 5.41. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 14 a las 17 horas).

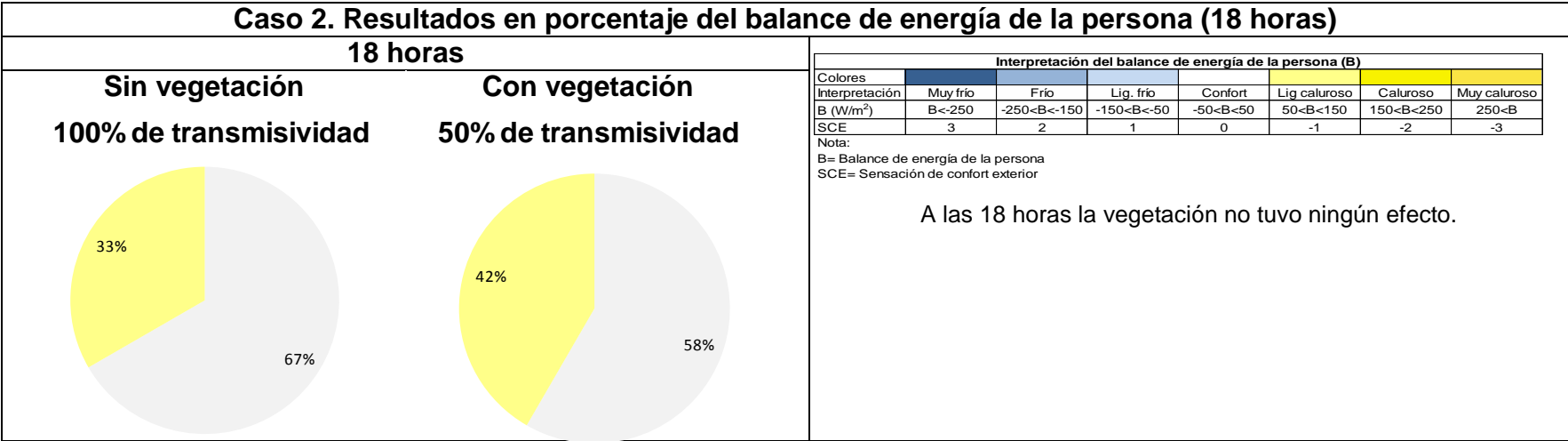


Tabla 5.42. Caso 2. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (18 horas).

ESTUDIO DE CASO 3: ISLETA O CAMELLÓN

5.6 Estudio de caso 3: Isleta o camellón

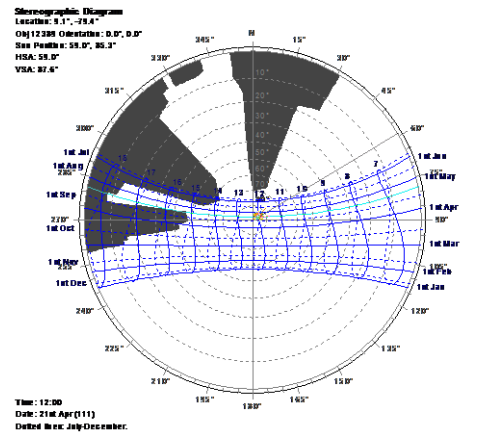


Figura 5.42. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 3.

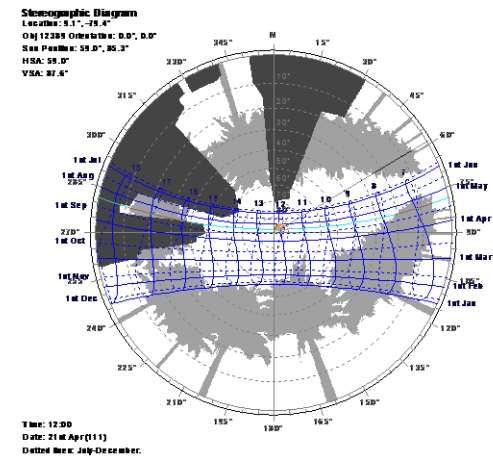


Figura 5.43. Ubicación y gráfica estereográfica del punto de evaluación del estudio de caso 3 con vegetación.

Fuente de Fig.5.42.y 5.43.: Modelo y análisis en ECOTECT (2010), por el autor.

Se realizaron 3 estudios de caso dentro de la zona de estudio. El tercer estudio de caso evalúa un punto en el camellón; en las figuras 5.42 y 5.43, se señala con una estrella el punto seleccionado para la evaluación. Se decidió esta ubicación para el punto de evaluación porque estarían cerca las aceras de la calle que intercepta la avenida principal y las personas pasarían por este punto para poder cruzar la calle (ver fig. 5.42 y 5.43).

La gráfica estereográfica nos muestra una vista de cielo desde el punto que permite determinar lo que somborean los edificios o la vegetación en dicho punto (ver fig. 5.42 y 5.43).

Se realizaron evaluaciones para determinar la temperatura sol-aire de la superficie de la plaza y de las paredes de los edificios cercanos a la misma, primero se obtuvo la temperatura de estas superficies sin vegetación y luego se obtuvieron los resultados con vegetación. Ambas evaluaciones, se realizaron para el 21 de cada mes, en un horario de las 6 a las 18 horas, y así se obtuvieron gráficas de cómo se comportan dichas superficies térmicamente y determinar cómo influye la vegetación sobre la temperatura sol-aire de los objetos. Esta temperatura es importante debido a que los objetos, al recibir los diferentes tipos de radiación, tienen una temperatura más elevada a la temperatura ambiente lo que influye en el confort del peatón.

Luego se realizó el balance de energía de la persona, que indica si la persona está en confort o no; dicho balance se hizo en circunstancias con y sin vegetación para poder comparar y valorar la influencia de ésta. Se obtuvieron porcentajes tanto mensuales como horarios para ambas situaciones.

Todas las figuras y tablas presentes en este apartado del estudio de caso 1. que no tengan fuente debajo de las mismas, fueron elaboradas por el autor, con base a los resultados de: la hoja de cálculo de temperatura Sol-aire fundamentada en las ecuaciones del ASHRAE (2005); y a los resultados de los análisis que se obtuvieron con CONFEX de Ochoa (2010).

5.6.1 Caso 3. Temperatura de las superficies

En este análisis para determinar la temperatura de las superficies (paredes y suelo), fue necesario calcular la temperatura sol-aire de las superficies y saber en qué momento dichas superficies están sombreadas por edificios o árboles.

La temperatura sol-aire de todas las superficies (paredes y suelo) involucradas en los estudios de caso, se calculó con base en las ecuaciones del ASHRAE (2005), ya descritas en la metodología de análisis de los tres estudios de caso (capítulo 4).

Se hicieron dos cálculos de temperatura sol-aire para cada una de las superficies; el primero de ellos, no consideró vegetación, por lo que su

transmisividad es de 100%; en el segundo, sí se toma en cuenta y se considera una vegetación con transmisividad de 50%.

Por otra parte, mediante el programa ECOTECT (2010), se realizaron dos estudios de sombreado para cada superficie, el objetivo era determinar qué elementos (edificios o vegetación) generaban sombra sobre la superficie analizada, además de establecer en qué momento ocurría.

El primer estudio sólo consideró la sombra generada por los edificios, mientras que el segundo incorporó la vegetación. Los valores de sombreado obtenidos en el primero son la referencia para determinar cuándo la vegetación sombrea las superficies. Por tal razón, se compararon los valores de sombreado de ambos estudios.

Con estos datos de sombreado se pudo definir la temperatura que tienen las superficies a lo largo del día, dependiendo si estas reciben radiación o si están sombreadas por edificaciones o por vegetación.

Con toda esta información se graficaron distintas variables, las cuales se describen a continuación:

Temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 100%):

Corresponde a la temperatura que tiene la superficie cuando ningún elemento la sombrea; en otras palabras, la radiación incide directamente sobre la superficie.

Temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 50%):

Corresponde a la temperatura que tiene la superficie cuando la vegetación, con 50% de transmisividad, sombrea la pared o el suelo.

Temperatura del suelo o pared con sombra de edificios (transmisividad de 100%): Es la temperatura de la superficie a lo largo del día, considerando los periodos de sombras generados únicamente por los edificios. En esta variable no se consideró vegetación; por lo tanto, cuando los edificios no somborean la superficie la radiación incide directamente sobre ella. Entonces, la temperatura de la superficie en ese momento es igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared

(transmisividad de 100%). Por otra parte, cuando los edificios sombrean la superficie la temperatura es igual a la temperatura ambiente.

Temperatura del suelo o pared con sombra de edificios y árboles (transmisividad de 50%): Es la temperatura de la superficie a lo largo del día, considerando los periodos de sombra generados por los edificios y los árboles.

Para el cálculo de las sombras generadas por la vegetación, se consideraron árboles con transmisividad de 50%; es decir, que dejan pasar el 50% del total de radiación incidente sobre la superficie. Así que, al reducirse la radiación incidente sobre la superficie su temperatura va a disminuir; por lo tanto, la temperatura de la superficie cuando esté sombreada por vegetación será igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 50%).

Los lapsos en que los edificios generan sombra sobre la superficie, la temperatura de ésta será igual a la temperatura ambiente, ya que estas estructuras son elementos sólidos y generan una sombra definida en comparación con la vegetación. Si la radiación incide directamente sobre la superficie, entonces la temperatura de esta pared o suelo, en ese momento, es igual a la temperatura sol-aire del suelo o pared (transmisividad de 100%).

Todos esos cálculos y gráficas se efectuaron para cada superficie (paredes y suelo) involucrada en los estudios de caso, estos análisis se realizaron para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas.

A pesar que se tiene la información mensual de cada superficie, se decidió destacar en la investigación los meses más relevantes, que son abril y noviembre, que corresponden respectivamente con el mes más caliente y el mes más frío. Por tal razón, en cada estudio de caso la descripción del comportamiento térmico de las superficies de las superficies se especifica de acuerdo al mes más caliente y al mes más frío.

5.6.1.1 Caso 3. Temperatura del suelo (abril)

Basándonos en la temperatura media mensual, se determinó que el mes más caliente es el mes de abril, con una temperatura media de 28.1°C y una de máxima 33.5°C.

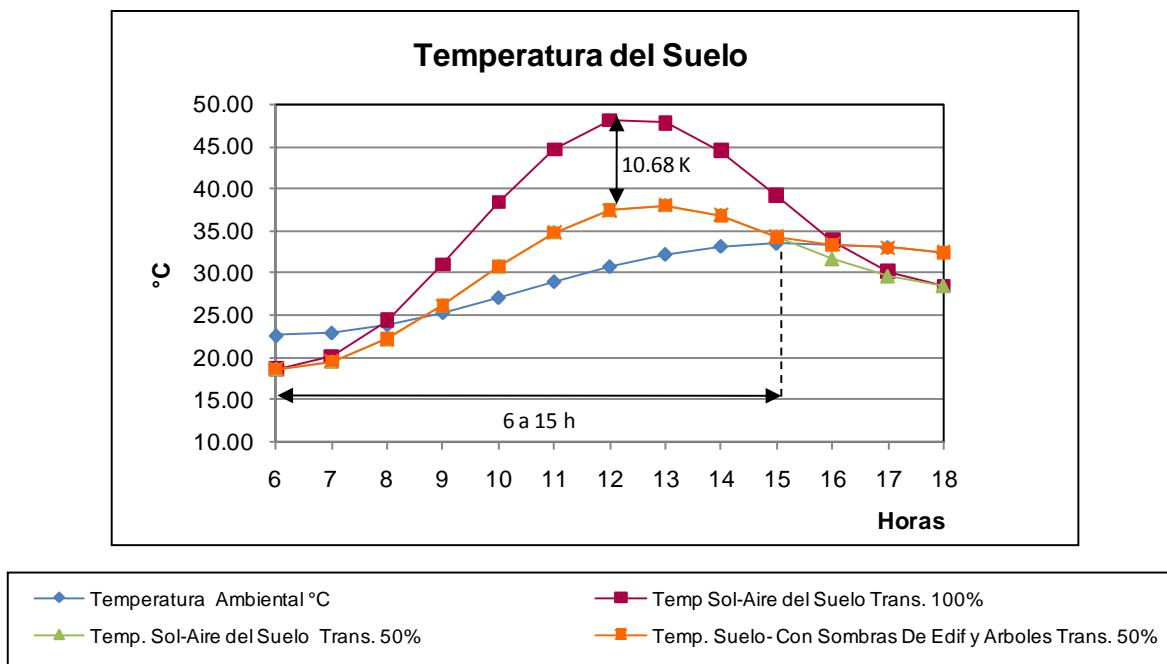


Figura 5.44. Temperaturas del suelo del mes de abril, –estudio de caso 3.

La evaluación se realizó el día 21 del mes de abril de las 6 a las 18 horas, la línea azul indica la temperatura ambiente; la línea roja, indica la temperatura sol–aire que tiene el suelo cuando no está sombreado ni por edificios ni por vegetación (transmisividad del 100%); la línea verde, señala la temperatura sol–aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada en todo momento por una vegetación con transmisividad de 50% (ver fig. 5.44).

En referencia específica al suelo del punto de análisis, la línea naranja representa la temperatura que tiene esta superficie considerando la sombra que generan sobre ella los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.44).

Al comparar la temperatura sol–aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que, con colocar vegetación con 50% de transmisividad, se puede

obtener una reducción máxima de 10.68 K en la temperatura de la superficie (ver fig. 5.44 y tabla 5.43).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	12	48.13 °C	10.68 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		37.45 °C	

Tabla 5.43 Comparación de resultados de la temperatura sol –aire del suelo, abril, –estudio de caso 3.

Por otra parte para establecer con claridad los momentos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura del suelo se siguieron los criterios descritos en la tabla 5.44. Estos criterios determinan cuando el suelo del punto analizado recibe radiación o cuando este se encuentra sombreado por edificios o la por vegetación.

Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no					
	Si la temperatura del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis
					El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra
			Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando
			Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis

Tabla 5.44. Criterios para determinar si la superficie está sombreada o no.

Fuente: Con base a Ochoa (2010b), elaborado por el autor.

Con base en estos criterios (ver tabla 5.44), se analizó cómo se comporta la temperatura del suelo a lo largo del día (ver fig. 5.44) y se obtuvieron los períodos en que el suelo se encuentra sombreado por los edificios o por los árboles, también se determinó cuándo el suelo recibe radiación directamente (ver tabla 5.45).

Períodos en que el suelo en el punto de análisis se encuentra sombreado o recibe radiación						
Efectos sobre la superficie				Períodos (h)		
	la superficie está sombreada por los edif.			16 -17		
	La superficie esta en sombra porque el sol no ha salido o se ha ocultado					18
	La radiación incide sobre la superficie					
	Los árboles sombrean la superficie			6- 15		Disminuye la temp. de 0.01 a 10.68 K

Tabla 5.45. Períodos en que el suelo se encuentra sombreado o recibe radiación, abril, -estudio de caso 3.

En la tabla 5.45, se puede ver claramente que, de las 6 a las 15 horas, es el período en que la vegetación sombrea el suelo y tiene efectos sobre la temperatura del mismo. Dicho efecto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.45.

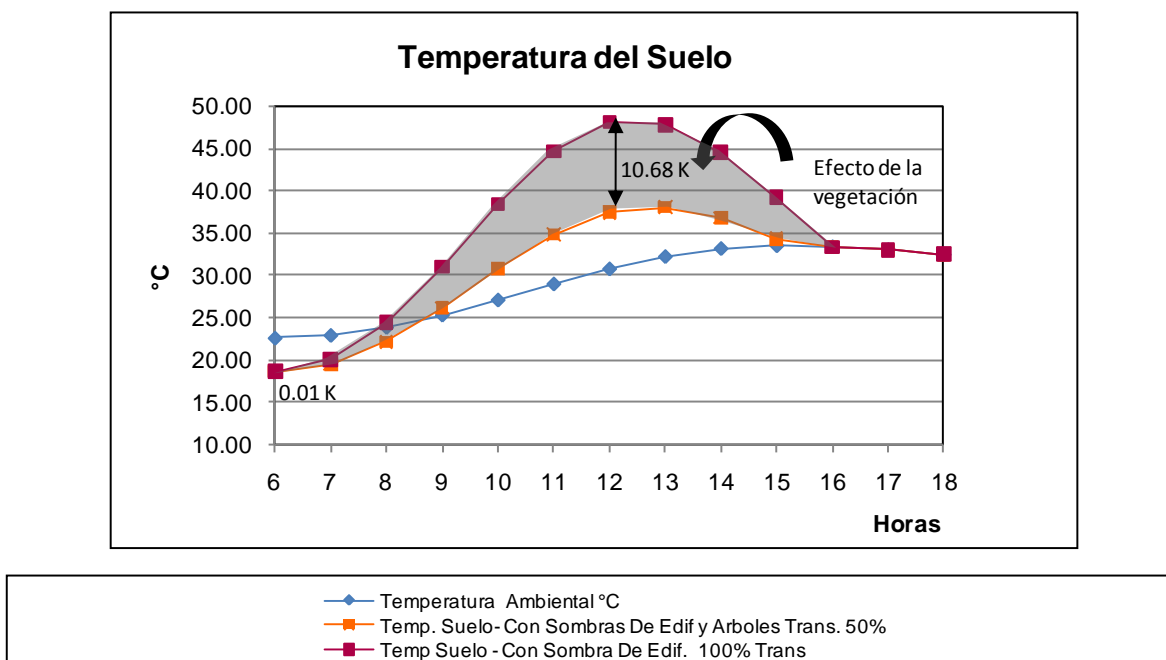


Figura 5.45. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, abril, –estudio de caso 3.

La línea roja de la fig. 5.45 es la temperatura del suelo, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; de este modo, al no considerar los árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuando la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura del suelo, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables, se puede ver claramente que el 21 de abril, de las 6 a las 15 horas, la sombra de la vegetación disminuye la temperatura de la superficie de 0.01 a 10.68 K.

5.6.1.2 Caso 3. Temperatura del suelo (noviembre)

De igual manera que el mes de abril, se determinó que noviembre es el mes más frío, éste tiene una temperatura media de 26.6°C y una de mínima de 22.6°C.

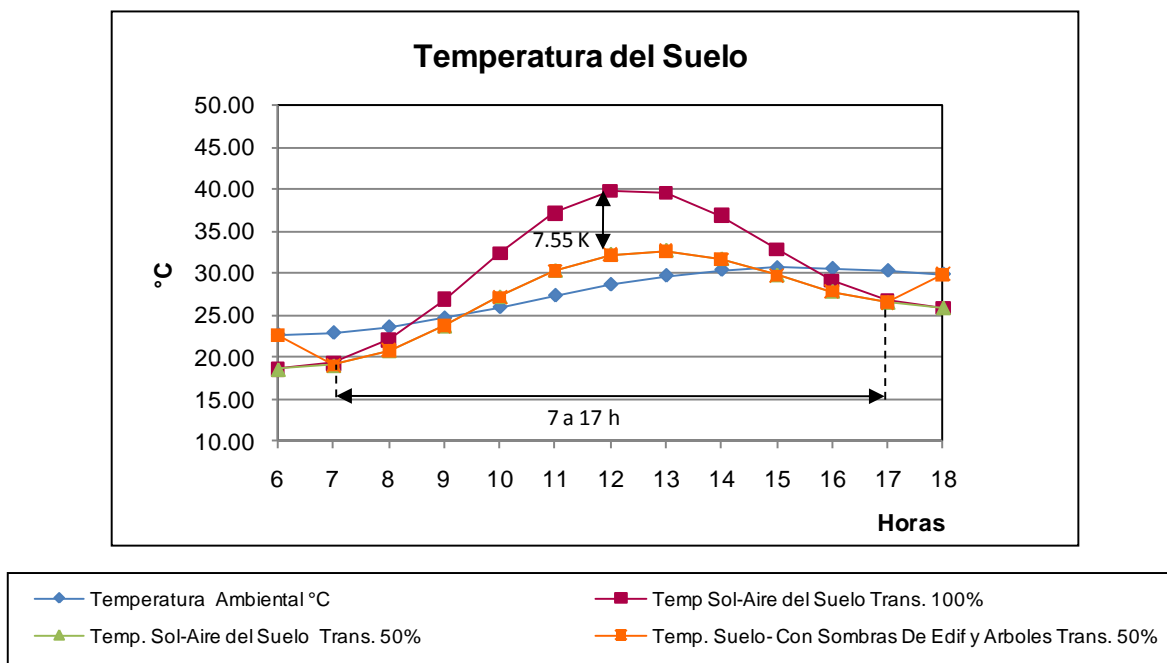


Figura 5.46. Temperatura del suelo del mes de noviembre, –estudio de caso 3.

La evaluación se realizó el día 21 del mes de noviembre en un horario de 6 a 18 horas; la línea azul, indica la temperatura ambiente; la línea roja indica la temperatura sol–aire que tiene el suelo cuando no está sombreado (transmisividad de 100%); la línea verde señala la temperatura sol-aire que tiene la superficie cuando se encuentra sombreada en todo momento por una vegetación con transmisividad de 50% (ver fig. 5.46).

La línea naranja desglosa cómo se comporta térmicamente la superficie a lo largo del día, teniendo en cuenta la sombra que generan sobre dicha superficie los edificios y los árboles con una transmisividad de 50% (ver fig. 5.46).

Al comparar la temperatura sol-aire máxima de 100% y 50% de transmisividad, se comprueba que con colocar vegetación con 50% de transmisividad se puede obtener una reducción máxima de 7.55 K, en temperatura de la superficie (ver tabla 5.46).

Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo				
Temperatura		Hora	Temp. max	Diferencia de temperatura
	Temp. sol – aire con 100% de trans.	12	39.76 °C	7.55 K
	Temp. sol - aire con 50% de trans.		32.21 °C	

Tabla 5.46. Comparación de resultados de la temperatura sol-aire del suelo, noviembre, –estudio de caso -3.

Por otra parte, la tabla 5.47 presenta los períodos en que el suelo se encuentra sombreado, por los edificios o por los árboles, y también muestra los momentos en que el suelo recibe radiación. Estos periodos permiten establecer con claridad los lapsos en que los árboles tienen efecto sobre la temperatura del suelo.

Dichos períodos se obtuvieron después de analizar el comportamiento de la temperatura del suelo (ver fig.5.46), con base en los criterios que determinan si la superficie recibe radiación o si se encuentra sombreada por edificios o vegetación (ver tabla 5.47).

Criterios para determinar si la superficie esta sombreada o no				Periodos (h)						
Condiciones			Efectos sobre la superf.							
Si la temp. del suelo es igual a:		Temp. ambiente entonces:		Los edificios sombrean la superficie en el punto de análisis.						
				El sol no ha salido o se ha ocultado por tal razón la superficie esta en sombra.	6		18			
		Temp. sol – aire con 100% de trans. entonces:		El sol incide en la superficie en el o sea que los árboles no están sombreando.						
		Temp. sol – aire con 50% de trans. entonces:		Los árboles están sombreando la superficie en el punto de análisis.		7-17		disminuye la temp. del suelo de 0.22 a 7.56 K		

Tabla 5.47. Períodos en que el suelo está sombreado o recibe radiación, noviembre, -estudio de caso 3.

Fuente de: Criterios: Con base a Ochoa (2010b), elaborados por el autor. **Períodos:** Con base a resultados de la HCTSA⁹ fundamentada en ecuaciones del ASHRAE (2005), elaborados por el autor.

De las 7 a las 17 horas, es el período en que la vegetación sombrea el suelo y, por lo tanto, tiene efectos sobre la temperatura del mismo (ver tabla 5.47). Este efecto se puede observar de forma gráfica en la fig. 5.47.

⁹ Hoja de cálculo de temperatura Sol-aire.

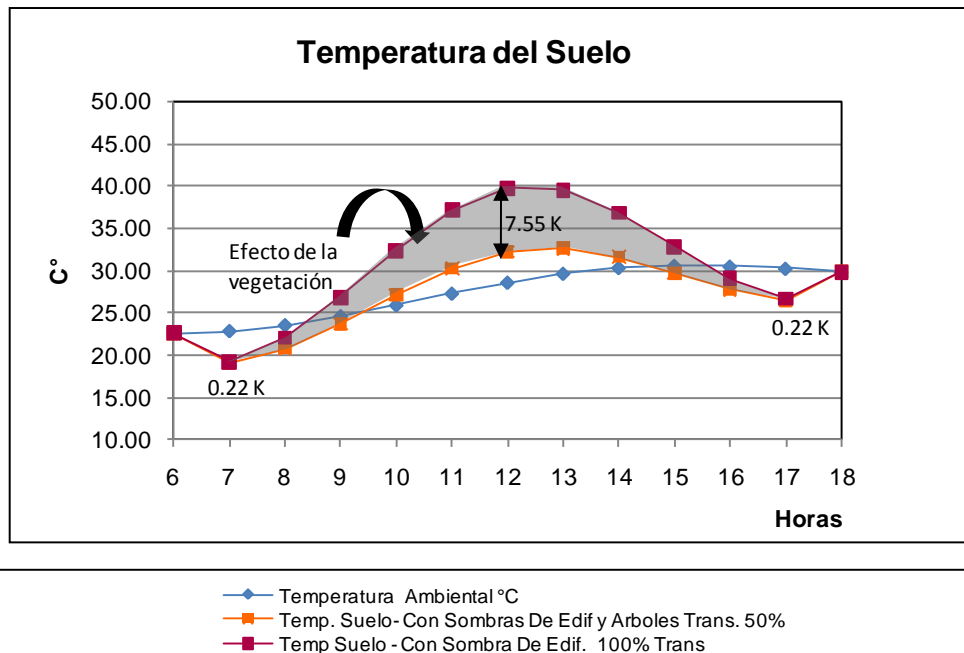


Figura 5.47. Efecto de la vegetación sobre la temperatura del suelo, noviembre, —estudio de caso 3.

La línea roja de la fig. 5.47, es la temperatura del suelo, tomando en cuenta únicamente la sombra generada por edificios sobre esta superficie; al no considerar árboles para el cálculo de esta temperatura, la transmisividad es de 100%. Esta temperatura es la referencia para determinar cuándo la vegetación tiene efecto sobre la superficie. Por otra parte, la línea naranja es la temperatura del suelo, tomando en cuenta la sombra generada por los edificios y por la vegetación sobre esta superficie.

Al comparar estas dos variables, se puede observar claramente que el 21 de noviembre, de las 7 a las 17 horas, la sombra de la vegetación disminuye la temperatura del suelo de 0.22 a 7.55 K (ver fig. 5.47).

5.6.2 Caso 3. Balance de energía de la persona

El balance de energía de la persona permite saber si el individuo está en confort o no en espacios exteriores; se trata es un balance de intercambio de energía de la persona con el medio ambiente que se relaciona con la sensación de calor o frío (Ochoa, 2009). Para el cálculo de este balance se utiliza el programa CONFEX de Ochoa (2010).

Para el estudio de caso 3, se realizaron dos cálculos del balance de energía de la persona, el primero no considera la sombra que genera la vegetación y el segundo sí toma en cuenta este factor. Ambos cálculos se realizan para el 21 de cada mes, de las 6 a las 18 horas

El primer balance de energía se hizo como si no hubiera vegetación en el sitio, pero sí se tomó en cuenta las sombras que generan los dos edificios en el punto de análisis. A este balance de energía se le llamó: **balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%)**, refiriéndonos al hecho de que cuando los edificios no dieran sombra en el punto de análisis, la transmisividad sería del 100%, debido a que no hay vegetación que bloquee la radiación. Este balance fue el punto de contraste para medir la influencia de la vegetación en el confort del peatón.

En el segundo balance de energía se consideró la vegetación y, de igual manera que en el primer balance, se tomó en cuenta las sombras que generan los edificios sobre el punto de análisis. La vegetación utilizada tenía una transmisividad del 50%; es decir, que deja pasar 50% de la radiación incidente sobre el punto de análisis; a este balance se le llamó: **balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%)**.

Estos balances buscan determinar cómo influencia la vegetación en el confort del peatón en el punto de análisis que, en este caso, es en la calle en medio de dos edificios.

Ambos balances se realizan como si el peatón estuviera cruzando la calle y se ubicara en el medio de la misma. Las condiciones del peatón y sus alrededores para el balance de energía se describen a continuación:

Condiciones del Peatón		
Actividad Metabólica	Caminando Lentamente (4km/h)	180 W/m ²
Aislamiento de la Ropa	Polo, pantalones largos, medias y zapatos	75 m ² C/W
Permeabilidad de la Ropa	Polo, pantalones largos, medias y zapatos	150 s/m
Albedo de la Ropa	Ropa clara	50%
Condiciones de los Alrededores		
Albedo de los Objetos	Hormigón	50%
Albedo del Suelo	Césped o Concreto	30%

Tabla 5.48. Condiciones del peaton utilizadas para los estudios de caso.

Fuente: Con base a Ochoa (2009), elaborado por el autor.

El balance de energía necesita otras variables para poder ser calculado por el programa CONFEX de Ochoa (2010), la forma de calcular estas variables está descrita en el capítulo 4.

Los resultados de ambos balances se presentan en una matriz que muestra los valores obtenidos en el estudio y al mismo tiempo interpreta la sensación que percibe la persona. Estas matrices compilan los resultados obtenidos para el día 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas.

5.6.2.1 Caso 3. Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-107.15	63.36	182.65	253.98	290.15	316.65	356.37	399.25	427.46	416.73	355.01	234.37	51.93
Febrero	-110.15	73.44	185.52	250.79	280.4	303.49	343.21	397.87	439.99	438.97	384.18	270.17	72.71
Marzo	-113.93	94.05	200.9	260.39	282.18	297.39	324.79	396.45	453.62	228.06	212.75	167.31	86.39
Abril	-50.9	117.55	216.69	270.39	287.13	301.96	306.45	390.53	449.17	458.97	211.61	169.81	93.73
Mayo	-4.1	100.76	185.67	231.66	249.26	259.96	272.1	315.4	159.99	167.24	154.59	116.79	47.06
Junio	-28.76	87.19	161.83	206.1	225.21	242.85	260.51	294.8	145.26	145.81	129.76	95.68	40.2
Julio	-27.01	97.92	176.65	221.77	245.86	258.26	270.15	307.59	151.85	152.97	137.26	102.46	44.61
Agosto	-48.2	73.01	149.95	195.32	220.04	230.98	230.46	280.13	311.28	308.97	270.11	192.93	37.94
Septiembre	-85.91	72.13	159.63	209.65	228.84	240.42	249.31	291.15	322.86	319.92	124.36	85.99	23.65
Octubre	-90.67	67.36	163.94	219.95	244.27	254.61	274.45	306.43	330.01	322.02	272.56	175.57	10.41
Noviembre	-93.43	63.75	172.92	237.69	269.45	287.81	314.28	343.54	361.31	347.1	289.32	179.69	14.79
Diciembre	-96.46	81.25	209.69	284.65	321.48	350.28	382.42	416.18	436.72	420.62	353.74	224.56	37.6

Tabla 5.49. Balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%), -estudio de caso 3.

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-101.28	-1.39	74.97	121.89	148.23	174.27	215.2	256.13	284.34	283.35	246.14	168.54	56.79
Febrero	-104.28	4.39	76.88	120.96	144.48	171.9	215.82	265.43	302.69	307.68	274.22	199.94	77.49
Marzo	-108.1	18.08	87.41	128.26	147.67	173.72	212.6	271.87	317.64	214.36	200.99	161.35	91.13
Abril	-68.74	36.6	100.85	137.74	153.79	181.96	206.67	269.66	314.45	324.85	199.29	162.89	97.03
Mayo	-38.02	35.03	90.72	121.6	137.12	155.65	175.69	210.53	146.31	153.32	142.47	110.06	50.54
Junio	-49.42	24.66	74.02	105.02	121.51	144.22	166.75	195.68	131.9	133.29	119.64	90.38	42.79
Julio	-47.36	32.13	83.81	115.08	137	156.34	175.1	205.12	138.18	139.99	126.65	96.84	47.37
Agosto	-60.01	17.41	68.59	100.63	123.32	142.42	155.05	191.06	213.69	213.32	121.44	136.49	41.72
Septiembre	-80.18	14.45	71.7	105.97	122.1	141.3	158.9	191.49	215.24	215.29	114.66	81.87	28.62
Octubre	-84.95	8.48	70.87	108.09	126.49	139.91	163.27	191.25	211.44	209.3	178.68	115.96	15.44
Noviembre	-87.68	4.2	73.91	116	138.45	156.07	183.58	211.29	229.48	224.51	189.46	119.36	19.8
Diciembre	-90.65	12.6	93.47	141.13	166.07	192.88	225.44	258.1	280.24	275.94	236.46	154.95	42.51

Interpretación del balance de energía de la persona (B)							
Colores							
Interpretación	Muy frío	Frío	Lig. frío	Confort	Lig caluroso	Caluroso	Muy caluroso
B (W/m ²)	B<-250	-250<B<-150	-150<B<-50	-50<B<50	50<B<150	150<B<250	250<B
SCE	3	2	1	0	-1	-2	-3

Nota:

B= Balance de energía de la persona

SCE= Sensación de confort exterior

Tabla 5.50. Balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%), -estudio de caso 3.

En tabla 5.49, se puede observar el resultado del balance de energía de la persona, sin tener vegetación que la proteja el punto de evaluación. En esta matriz de resultados, se aprecia la sensación de calor o frío que percibe la persona.

De enero a diciembre, de las 7 a las 17 horas, y de enero a abril, a las 18 horas, la persona percibe calor. De acuerdo con los rangos del balance de energía las categorías que predominan es la de muy caluroso y caluroso.

Por otra parte, a las 6 horas, de enero a abril y de septiembre a diciembre, la persona percibe una ligera sensación de frío; mientras que de mayo a agosto, en este mismo horario, la persona está en confort.

La tabla 5.50, muestra el balance de energía de la persona que considera vegetación en el punto de análisis. Al comparar esta tabla con la tabla anterior, se observaron cambios positivos, muchas de las casillas que eran muy calurosas o calurosas pasaron a ser ligeramente calurosas.

Por otra parte, a las 7 horas, de enero a diciembre, la persona logra estar en confort debido a la influencia de la vegetación. Sin embargo, la sensación de frío percibida por la persona a las 6 de la mañana se extendió de enero a abril y de agosto a diciembre, debido a la presencia de la vegetación.

5.6.2.2 Caso 3. Resultados mensuales del balance de energía de la persona en porcentajes

En base a los resultados de los balances de energía de la persona, se obtuvieron porcentajes mensuales para definir con mayor claridad cuándo y cómo la vegetación influyen en el confort del peatón.

Los porcentajes obtenidos del balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), se les llamó: **sin vegetación 100% de transmisividad**; mientras que los porcentajes derivados del balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), se les nombró: **con vegetación 50% de transmisividad**. Estos porcentajes fueron separados por mes y se describen de la tabla 5.51 a la 5.53.

También se obtuvo un resumen anual en porcentajes para ambos balances de energía. Para obtener dichos resúmenes se tomaron todos los valores resultantes de cada balance de energía, de acuerdo a los rangos interpretación que determinan si la persona está en confort o no, se obtuvieron los porcentajes (ver fig. 5.48).

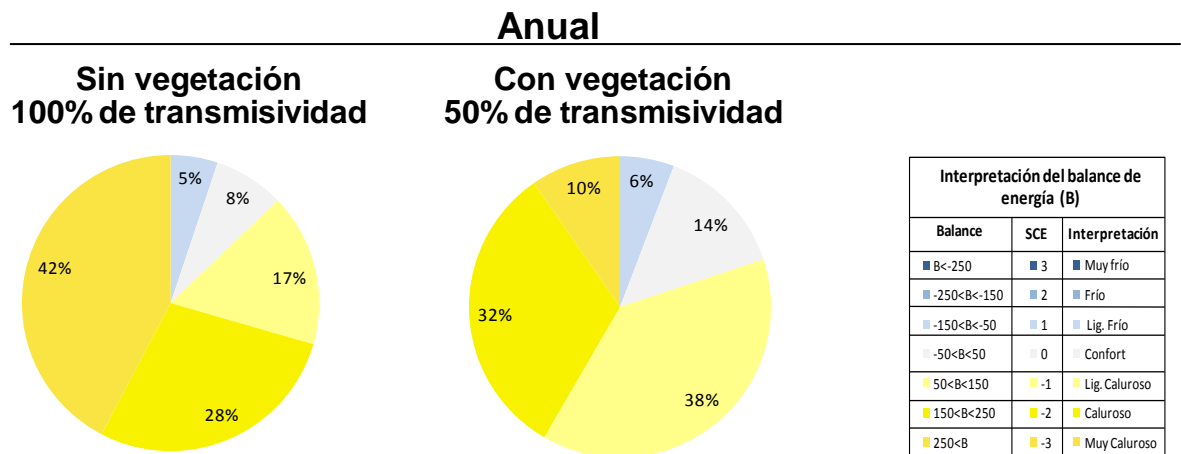


Figura 5.48. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, resumen anual, -estudio de caso 3.

Al comparar los resúmenes anuales se puede apreciar que en cuanto al confort del peatón específicamente, la vegetación tuvo efecto. Por otra parte el porcentaje de la categoría muy caluroso se redujo notablemente, lo que quiere decir que la sensación de calor disminuyo con la presencia de vegetación.

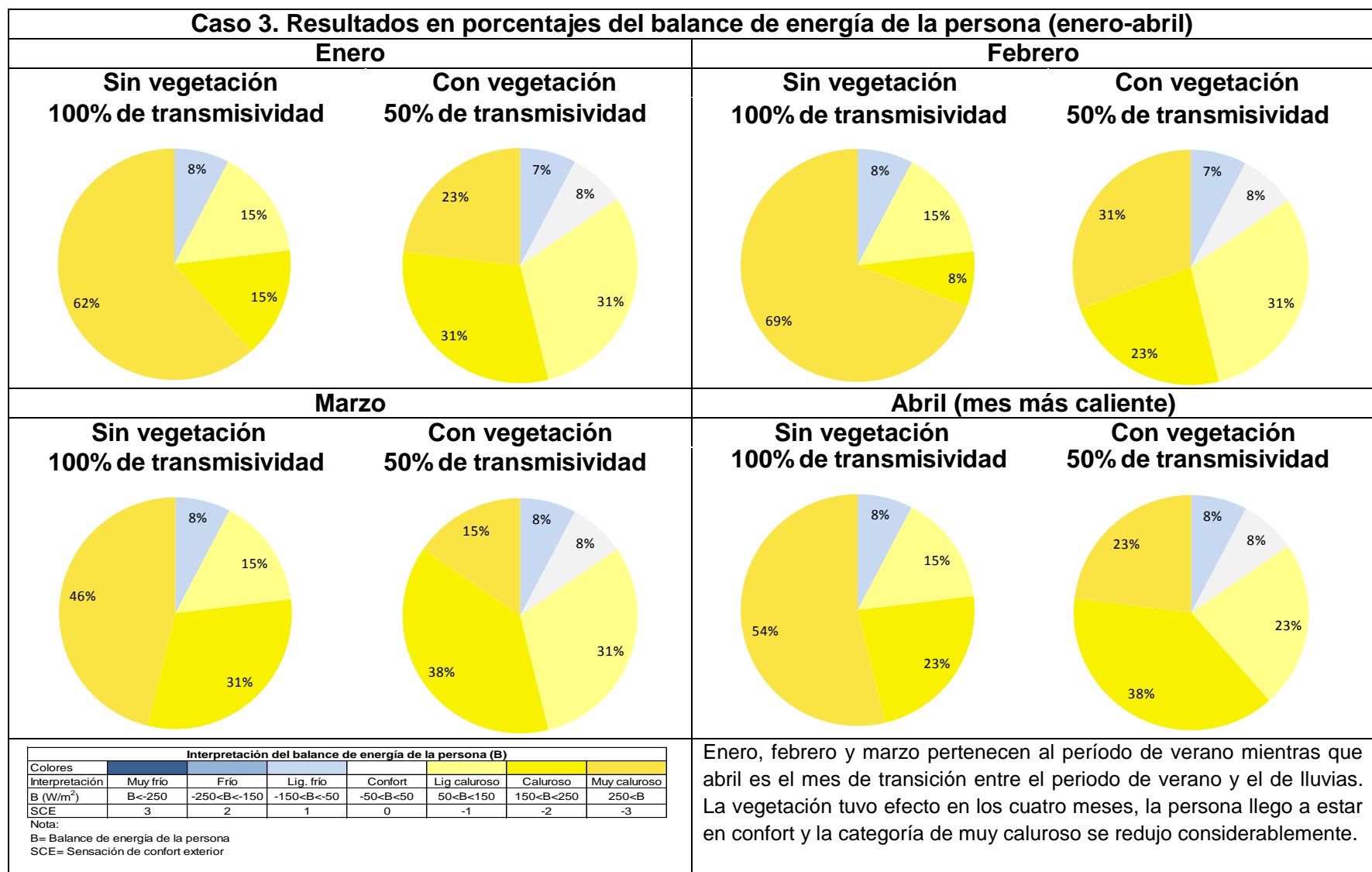


Tabla 5.51. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (enero a abril).

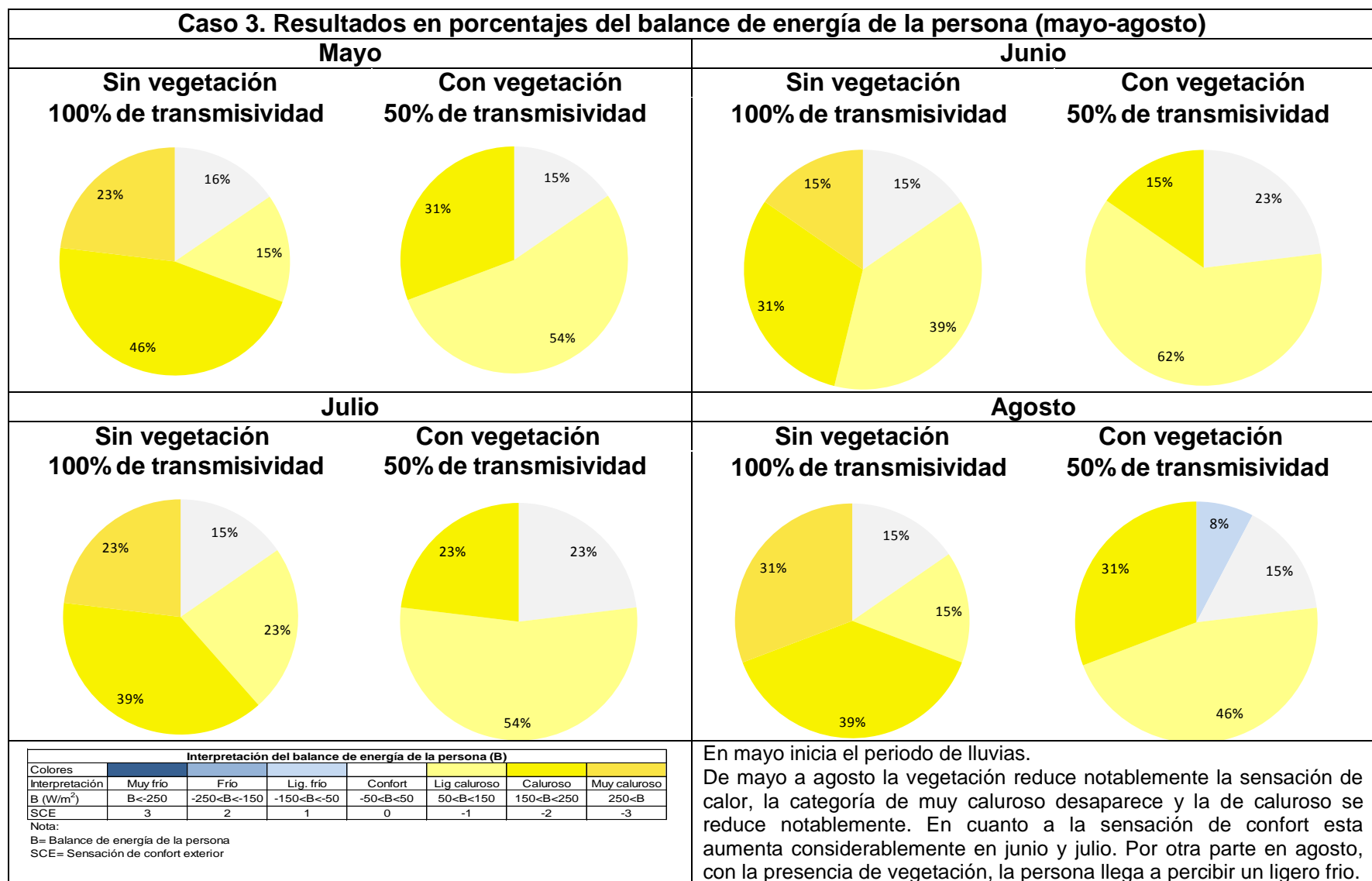


Tabla 5.52. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (mayo a agosto).

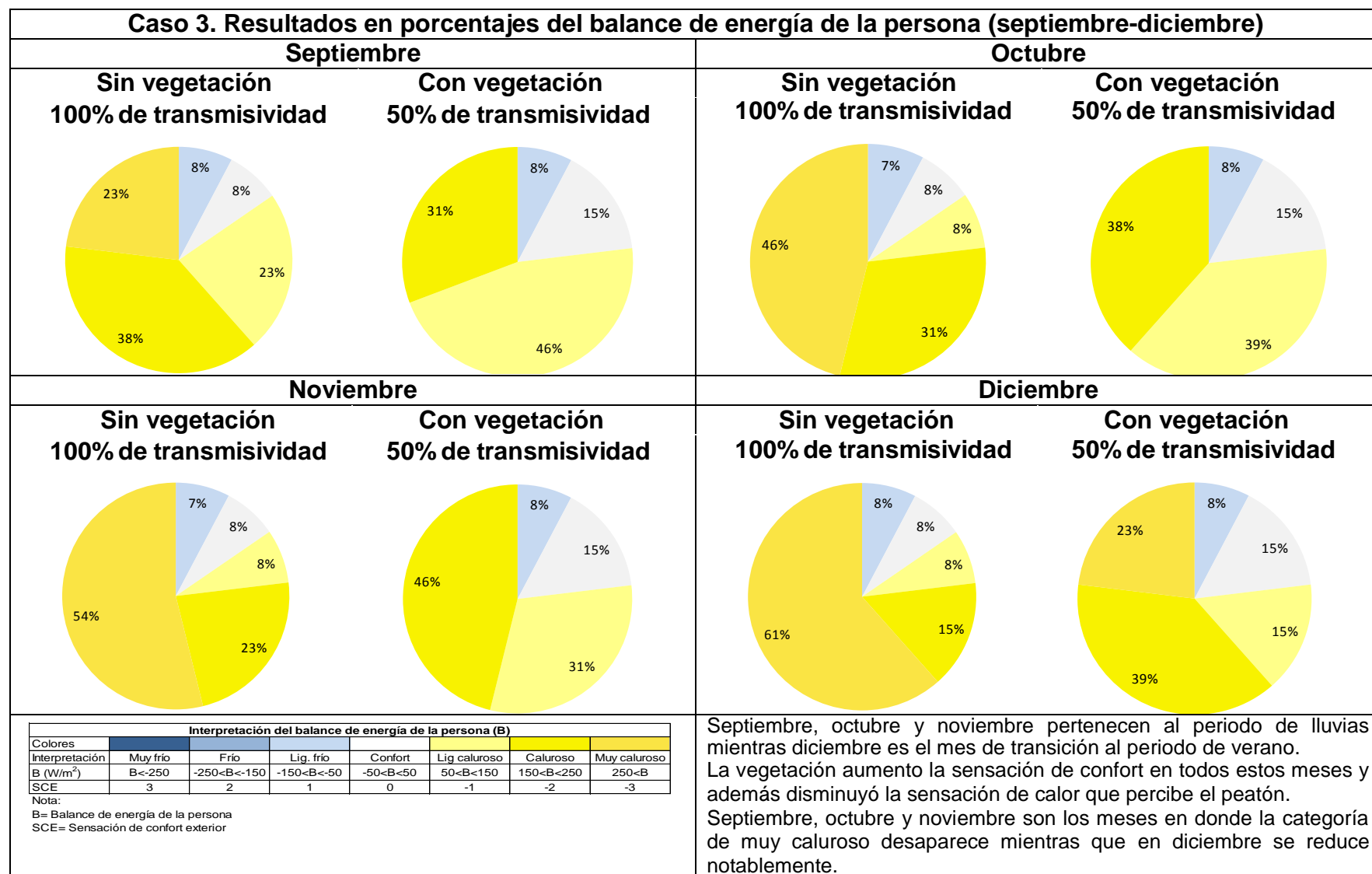


Tabla 5.53. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (septiembre a diciembre).

5.6.2.3 Caso 3. Resultados horarios del balance de energía de la persona en porcentajes

Con base en los resultados de los balances de energía de la persona, se obtuvieron porcentajes horarios para definir con mayor claridad cuándo y cómo la vegetación influye en el confort del peatón.

Los porcentajes horarios obtenidos del balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), se les llamó: **sin vegetación 100% de transmisividad**; mientras que los porcentajes derivados del balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), se les nombró: **con vegetación 50% de transmisividad**. Estos porcentajes fueron separados por hora y se describen de la tabla 5.54 a la 5.57.

Los balances de energía de las persona se calcularon para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas. Para obtener los porcentajes horarios, se tomaron los valores obtenidos para cada hora del día 21 de cada mes y se compararon con los rangos de interpretación que determinan si la persona está en confort o no.

Esto permite tener una idea más clara sobre en qué horas la persona percibe más calor y cuándo la vegetación tiene efectos sobre esta sensación.

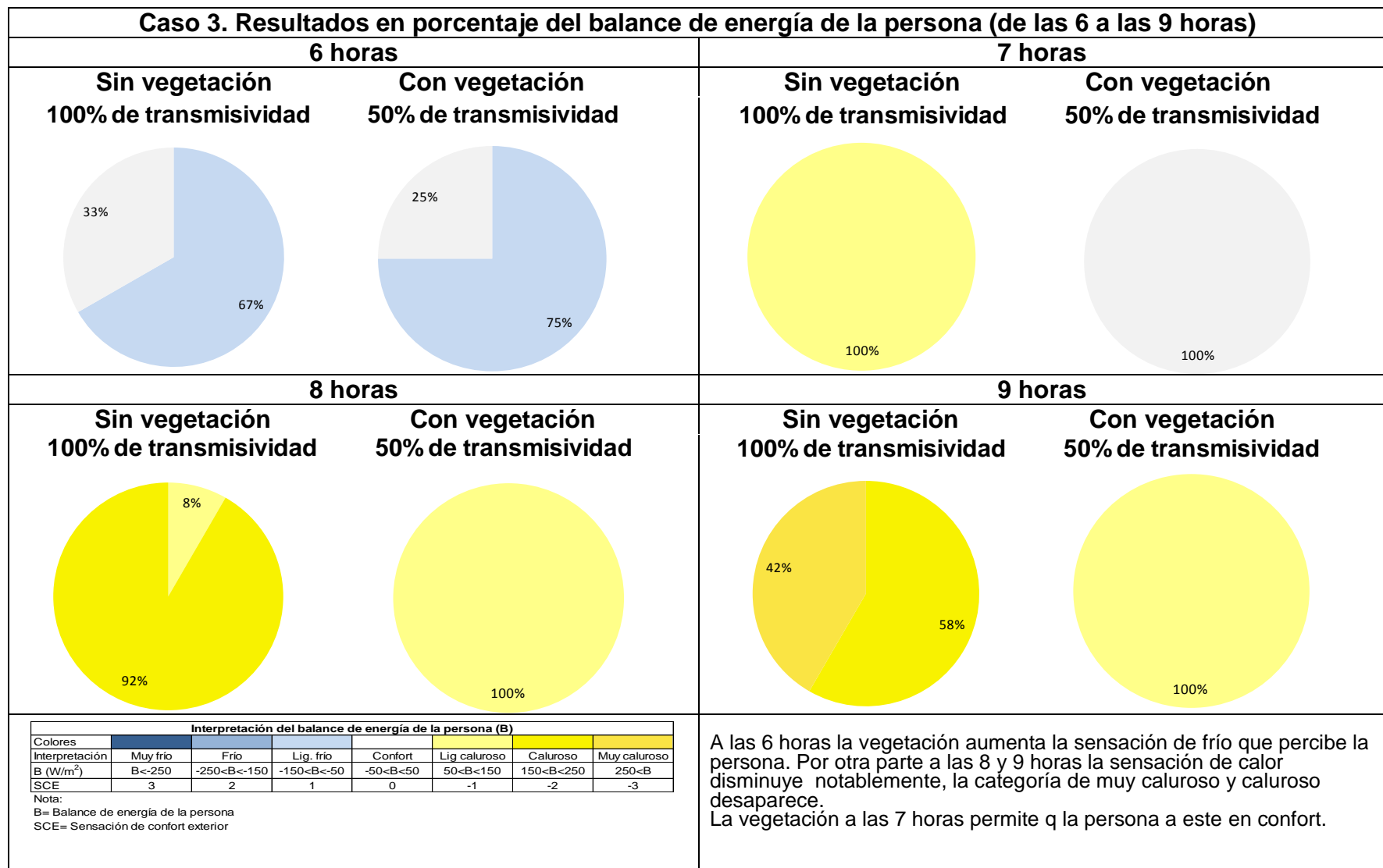


Tabla 5.54. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 6 a las 9 horas).

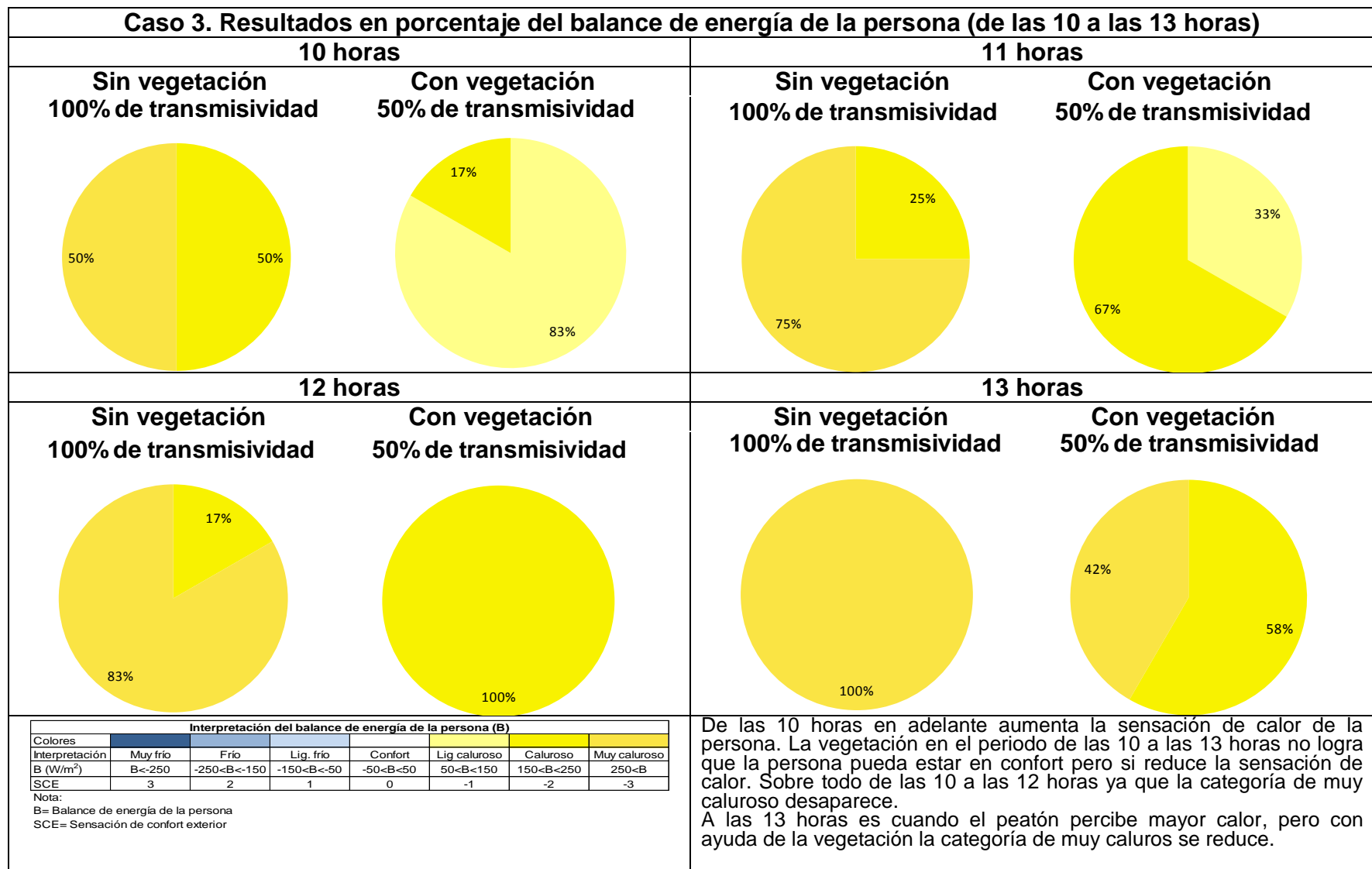


Tabla 5.55. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 10 a las 13 horas).

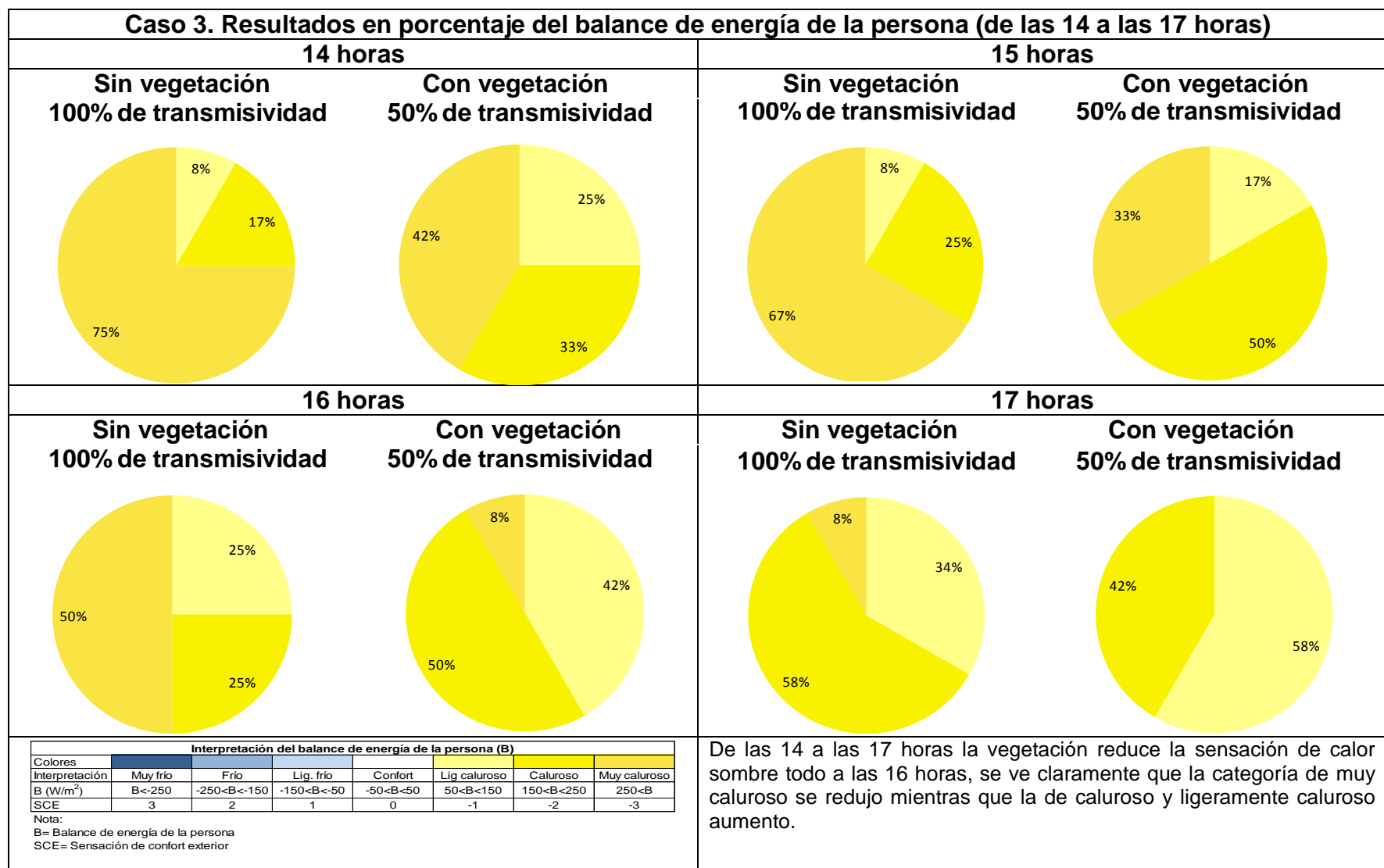


Tabla 5.56. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (de las 14 a las 17 horas).

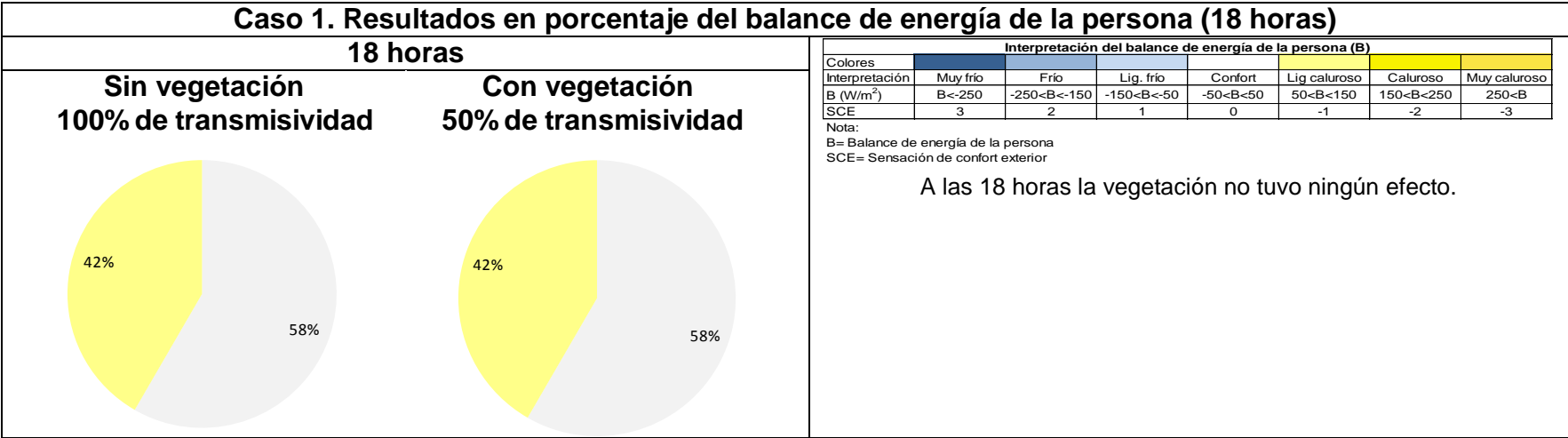


Tabla 5.57. Caso 3. Resultados en porcentajes del balance de energía de la persona (18 horas).

CAPÍTULO 6: RESUMEN DE RESULTADOS

6 RESUMEN DE RESULTADOS

Con base a los análisis y resultados obtenidos en el capítulo 5 se hará un breve resumen de la información obtenida, de acuerdo a cada estudio de caso.¹

6.1 Estudio de caso 1: Calle entre los edificios

6.1.1 Temperatura de las superficies

La vegetación influyó muy poco en la temperatura de las superficies (suelo, paredes NE y SO) involucradas en este estudio de caso. Pero en los momentos en que los arboles sombreaban las paredes o el suelo la temperatura de estas superficies bajaba considerablemente.

De las figuras 6.1 a la 6.3, se muestra la temperatura de las superficies (suelo, paredes NE y SO). Cada gráfica muestra las siguientes variables: la temperatura ambiente; la temperatura de la superficie, que considera la sombra generada por los edificios (100% de transmisividad); y la temperatura de la superficie, que toma en cuenta la sombra generada por los edificios y por los árboles (50% de transmisividad). Estas variables fueron graficadas para abril y noviembre que corresponde al mes más caliente y más frío respectivamente.

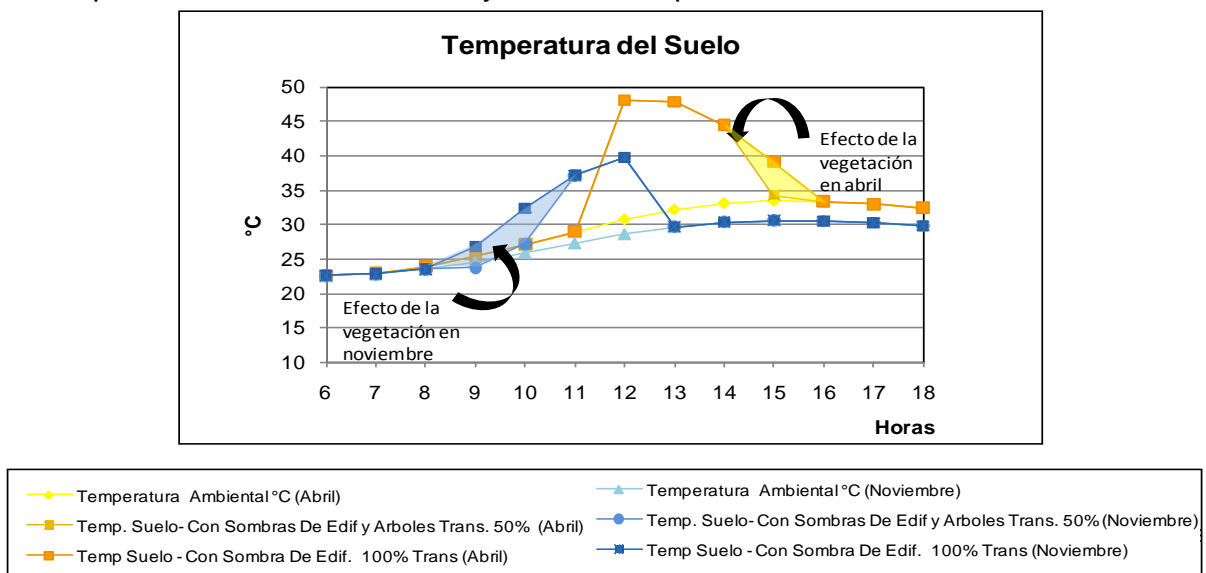


Figura 6.1. Temperatura del suelo, –estudio de caso 1.

¹ Todas las figuras del presente capítulo fueron elaboradas por el autor con base a los resultados de la hoja de cálculo de temperatura Sol-aire basada en ecuaciones de ASHRAE (2005); así mismo, los resultados del análisis que se obtuvieron con CONFEX de Ochoa (2010).

En relación a la temperatura del suelo, la vegetación tuvo efecto sobre la misma en cortos periodos del mes de abril y noviembre. Dicha temperatura disminuyó, por efecto de los árboles, a las 15 horas de abril y en el periodo de las 9 a las 10 horas de noviembre (ver fig. 6.1).

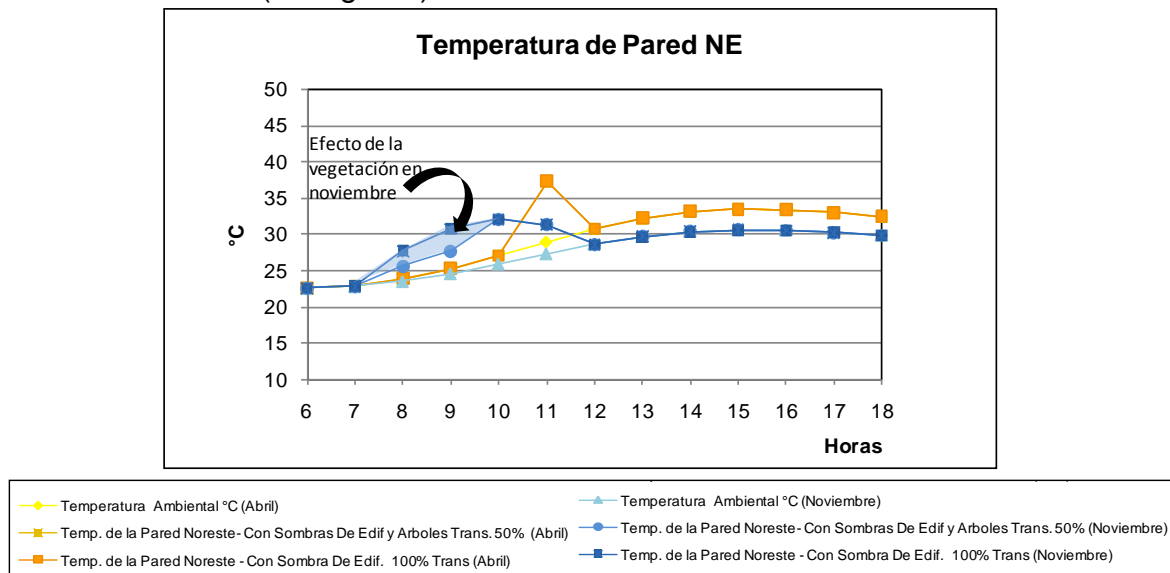


Figura 6.2. Temperatura de la pared NE, –estudio de caso 1.

En cuanto a la temperatura de la pared NE en el mes de abril, la vegetación no tuvo ningún efecto sobre dicha temperatura. Por otra parte, en el mes de noviembre de las 8 a las 9 horas, la vegetación disminuyó la temperatura de la superficie (ver fig. 6.2).

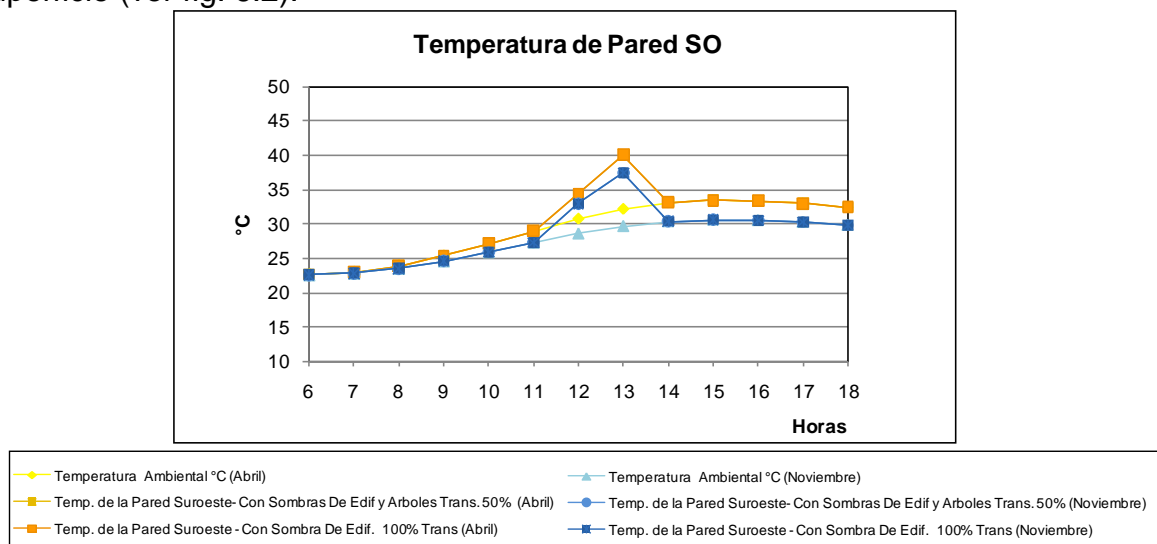


Figura 6.3. Temperatura de la pared SO, –estudio de caso 1.

Con respecto a la temperatura de la pared SO, en abril y noviembre la vegetación no tiene ningún efecto sobre la misma (ver fig. 6.3).

6.1.2 Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-101.23	-58.14	-16.42	244.86	280.74	306.8	346.85	135.36	160.51	168.82	153.39	112.34	56.83
Febrero	-104.22	-55.61	-16.49	9.05	271.28	293.94	333.43	155.91	185.21	195.76	181.2	140.53	77.54
Marzo	-111.12	92.22	197.25	256.95	279.73	295.69	322.91	393.37	447.14	221.46	207.08	164.44	88.68
Abril	-85.21	-32.87	2.01	24.38	40.31	85.38	295.39	380.76	435.17	444.72	199.17	162.82	97.06
Mayo	-70.45	-19.1	12.88	30.76	44.51	250.17	260.86	304.82	341.36	344.21	305.92	110	50.57
Junio	-67.69	-27.68	1.33	21.78	36.87	232.17	248.54	283.24	310.25	308.46	272.47	91.32	42.81
Julio	-65.54	-23.22	6.52	26.6	47.55	247.58	258.11	296.13	326.68	325.97	288.89	96.79	42.81
Agosto	-70.67	-28.85	1.86	23.45	45.64	75.86	217.97	268.73	297.79	296.49	121.35	90.63	41.76
Septiembre	-80.13	-34.26	-1.61	19.74	34.18	63.66	236.56	280.93	127.21	307.51	266.66	81.83	28.67
Octubre	-84.89	-42.03	-7.89	13.42	234.86	244.49	264.05	98.05	111.89	114.68	100.16	65.82	15.48
Noviembre	-87.63	-47.64	-9.44	228.77	259.95	277.72	304.45	100.72	116.26	119.94	104.79	67.93	19.85
Diciembre	-90.59	-47.97	-6.03	275.16	311.9	340.42	373.21	118.76	143.01	150.27	135.55	94.88	42.56

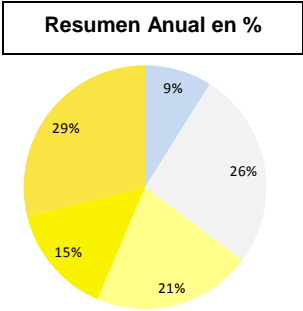
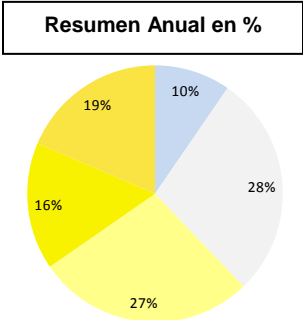


Figura 6.4. Balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) -estudio de caso 1.

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-97.13	-59.83	-23.21	115.48	143.52	299.48	339.71	128.52	151.7	160.1	146.42	109.92	60.23
Febrero	-100.12	-58.05	-23.26	0.62	138.07	286.69	326.13	148.95	176.18	186.69	173.69	137.3	80.87
Marzo	-98.39	-50.86	-17.2	5.9	23.64	280.82	306.91	163.64	192.79	438.02	192.67	157.14	94.48
Abril	-82.2	-36.97	-5.9	15.12	31.08	77.95	287.32	373.07	425.49	314.86	190.57	157.99	99.37
Mayo	-67.5	-23.26	4.93	21.48	35.29	240.54	252.75	296.83	330.85	236.38	212.99	105.3	52.99
Junio	-65.38	-30.86	-5.25	13.46	27.86	222.18	239.84	273.28	300.11	298.88	186.23	87.29	44.62
Julio	-63.08	-26.59	-0.37	17.99	38.34	237.44	249.37	287.55	316.22	221.27	197.63	92.87	49.31
Agosto	-67.5	-31.43	-4.39	15.27	36.65	67.55	209.03	258.63	288.46	204.57	114.58	87.5	44.4
Septiembre	-76.13	-36.6	-7.87	11.59	25.43	55.77	149.96	273.07	118.13	298.92	259.89	78.96	32.14
Octubre	-80.9	-43.94	-13.93	5.51	119.87	236.95	256.41	90.8	103.19	106.36	93.65	63.42	19
Noviembre	-83.61	-49.09	-15.8	109.74	133.5	270.28	297.14	93.75	107.69	111.68	98.41	65.95	23.35
Diciembre	-86.53	-49.7	-13.1	134.47	161.25	333.1	366.24	110.53	134.13	141.35	128.39	92.5	45.99



Interpretación del balance de energía de la persona (B)							
Colores							
Interpretación	Muy frío	Frío	Lig. frío	Confort	Lig caluroso	Caluroso	Muy caluroso
B (W/m ²)	B<-250	-250<B<-150	-150<B<-50	-50<B<50	50<B<150	150<B<250	250<B
SCE	3	2	1	0	-1	-2	-3

Nota:
B= Balance de energía de la persona
SCE= Sensación de confort exterior

Figura 6.5. Balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%), –estudio de caso 1.

Los resultados del balance de energía fueron calculados para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas. Al comparar los de resultados de los balances de energía de la persona (ver fig. 6.4 y 6.5), se encontró que en el balance de energía que consideró vegetación (ver fig. 6.5), el confort aumento poco y la sensación del calor disminuyó a ligeramente caluroso. Por otra parte, de acuerdo con el balance que considera vegetación, marzo es el mes donde los árboles tienen mayor efecto sobre el confort de la persona.

Las gráficas de resumen anual en porcentajes sintetizan los resultados de los balances de energía (ver fig. 6.4 y 6.5). Al comparar las gráficas de resumen anual en porcentajes, se demuestra claramente lo descrito en el párrafo anterior. En el balance de energía que consideró la vegetación, el confort aumentó en un 2%, mientras la categoría de muy caluroso se redujo en un 10% aumentando la categoría de ligeramente caluroso un 6% (ver fig. 6.4 y 6.5). Esto demuestra que la presencia de vegetación tiene un efecto positivo sobre el balance de energía de la persona y por ende influye en el confort del peatón.

En cuanto a los resultados del balance de energía de la persona de abril (mes más caliente) y noviembre (mes más frio) se obtuvo lo siguiente:

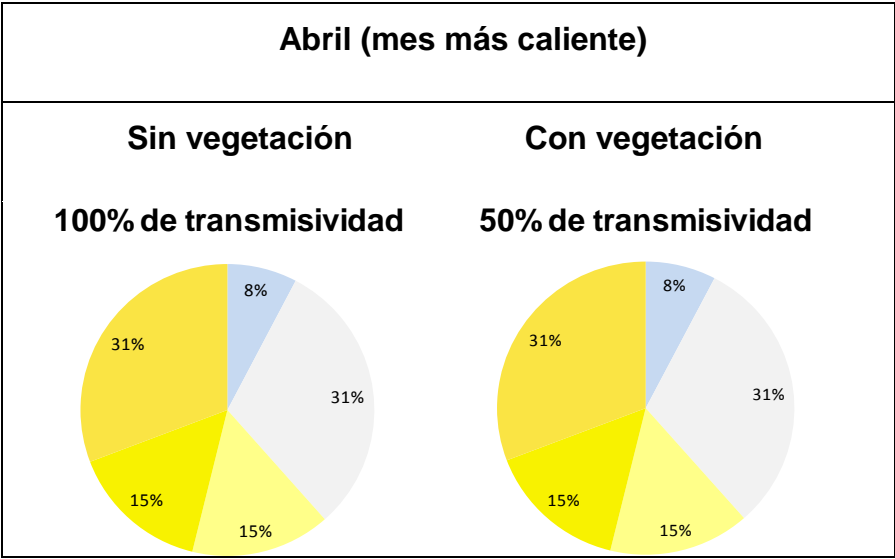


Figura 6.6. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, abril, -estudio de caso 1.

En abril la vegetación no tuvo ningún efecto sobre el confort del peatón (ver fig. 6.6).

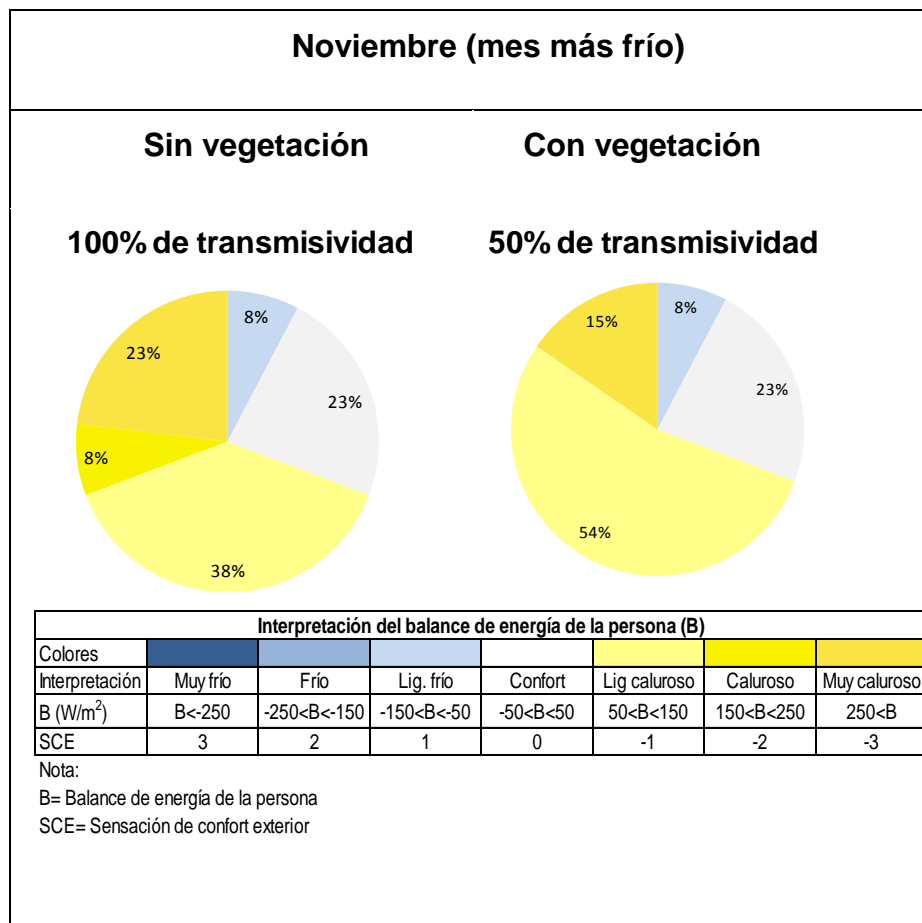


Figura 6.7. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, noviembre, -estudio de caso 1.

Por otra parte, en noviembre la vegetación tuvo efecto sobre el balance de energía de la persona, la sensación de calor disminuyó. La categoría de caluroso desapareció y la de muy caluroso se redujo en un 8%, por tal razón la de ligeramente caluroso aumento a 54% (ver fig. 6.7). Esto quiere decir que 54% del periodo de las 6 a las 18 horas del 21 de noviembre es ligeramente caluroso.

6.2 Estudio de caso 2: Plaza en frente del edificio

6.2.1 Temperatura de las superficies

La vegetación disminuyó la temperatura del suelo pero no la temperatura de la pared SE, las superficies involucradas en este estudio de caso. En las figuras 6.8 y 6.9, se muestra la temperatura de las superficies (suelo y pared SE). Cada gráfica muestra las siguientes variables: la temperatura ambiente; la temperatura de la superficie, que considera la sombra generada por los edificios (100% de transmisividad); y la temperatura de la superficie, que toma en cuenta la sombra generada por los edificios y por los árboles (50% de transmisividad). Estas variables fueron graficadas para abril y noviembre, que corresponden con el mes más caliente y más frío respectivamente.

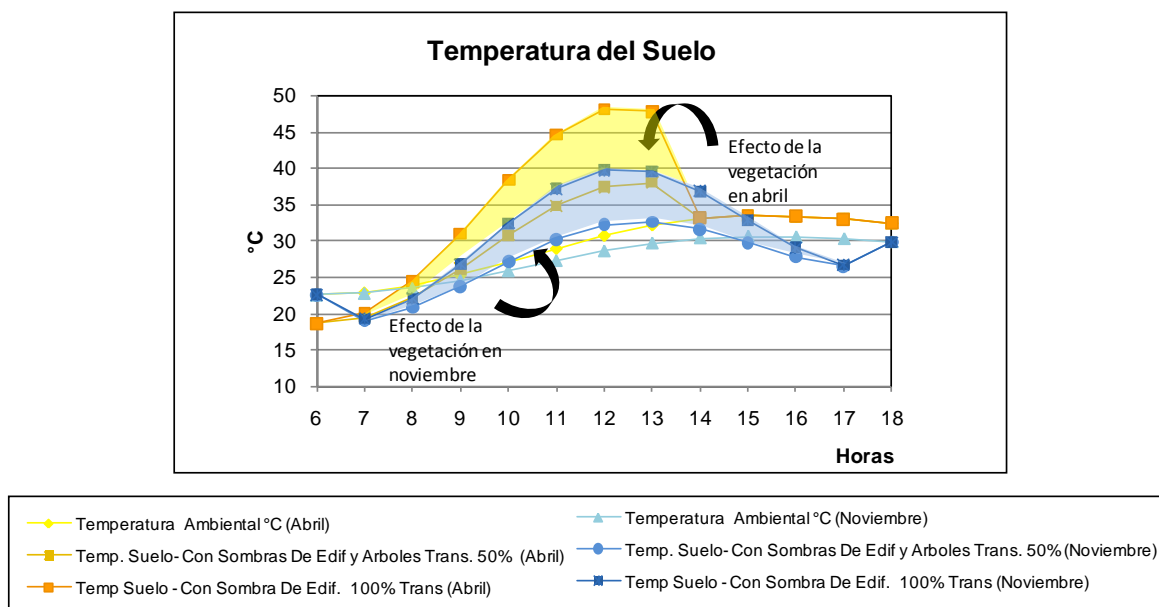


Figura 6.8. Temperatura del suelo, –estudio de caso 2.

En relación a la temperatura del suelo, la vegetación tuvo efecto sobre la misma en el mes de abril y noviembre. Dicha temperatura disminuyó, por efecto de los árboles, de las 6 a las 13 horas de abril y en el periodo de las 7 a las 17 horas de noviembre (ver fig. 6.8).

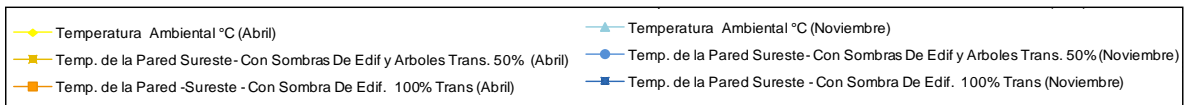
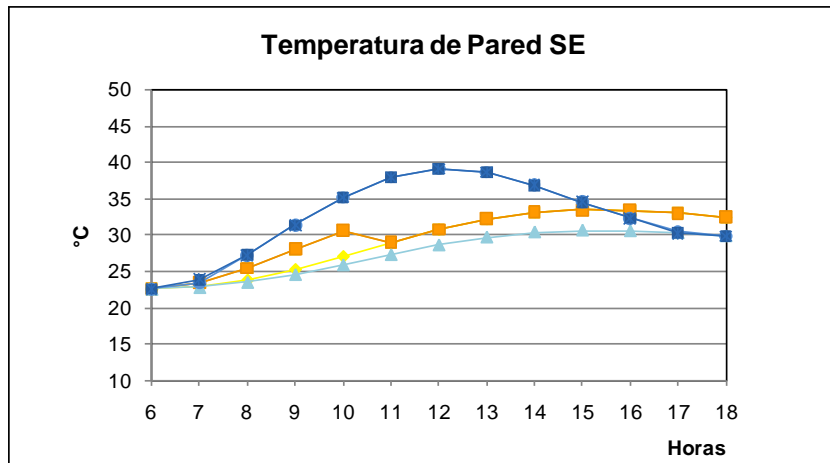


Figura 6.9. Temperatura de la pared SE, –estudio de caso 2.

Con respecto a la temperatura de la pared SE, en abril y noviembre la vegetación no tiene ningún efecto sobre la misma (ver fig. 6.9).

6.2.2 Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-104.32	62.79	180.46	252.4	290.1	317.83	357.63	399.29	425.54	413.19	351.3	232.69	54.27
Febrero	-107.32	72.34	182.75	248.5	279.42	292.99	343.21	396.64	436.93	432.7	378.99	142.96	75.02
Marzo	-111.12	92.22	197.25	256.95	279.73	295.69	322.91	393.37	447.14	221.46	207.08	164.44	88.68
Abril	-48.82	114.99	212.05	265.47	282.68	295.88	300.46	384.28	207.92	218.82	205.67	166.47	95.32
Mayo	-2.06	97.89	180.18	225.26	242.89	253.91	104.98	309.23	153.39	160.53	148.74	113.55	48.74
Junio	-27.16	85	157.29	200.36	218.98	236.5	100.04	288.33	314.58	139.78	124.88	93.12	41.45
Julio	-25.31	95.6	171.89	215.83	239.51	251.84	107.46	301.04	145.26	146.71	132.14	99.75	45.94
Agosto	-46	71.42	146.22	190.69	215.16	224.59	224	273.62	142.97	142.71	126.45	92.99	39.76
Septiembre	-83.15	70.91	156.46	206.1	225.62	237.48	246.13	287.16	316.59	135.57	119.68	84	26.05
Octubre	-87.91	66.56	161.43	217.53	242.69	253.69	273.4	304.46	326.7	316.28	105.07	67.63	12.83
Noviembre	-90.66	63.3	170.84	236	268.98	288.34	314.83	343.04	359.16	343.65	285.92	178.32	17.21
Diciembre	-93.66	80.69	207.55	283.39	322.11	352.41	384.75	417.13	435.44	417.38	350.11	222.91	39.97

Resumen Anual en %

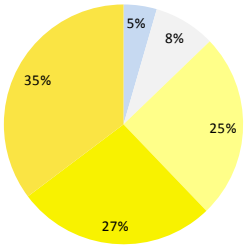
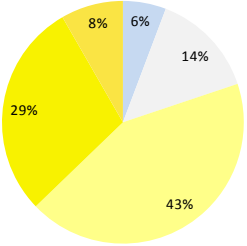


Figura 6.10. Balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), -estudio de caso 2.

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-99.23	-1.72	75.53	124.81	153.94	181.91	222.87	261.96	287.14	283.29	244.56	167.33	58.49
Febrero	-102.22	3.67	76.78	122.84	148.72	177.65	221.39	269.16	303.66	303.13	270.46	138.95	79.16
Marzo	-106.07	17.26	86.29	128.49	149.61	176.64	215.1	272.58	312.95	209.57	196.88	159.27	92.79
Abril	-67.22	35.01	98.3	135.66	152.5	177.55	202.33	265.13	195.89	206.57	194.98	160.47	98.19
Mayo	-36.55	32.95	86.74	116.95	132.51	151.26	94.32	206.06	141.53	148.46	138.23	107.71	51.75
Junio	-48.26	23.06	70.73	100.85	117	139.62	88.52	190.99	211.85	128.91	116.1	88.53	43.69
Julio	-46.13	30.44	80.36	110.77	132.39	151.68	95.84	200.37	133.41	135.45	122.94	94.88	48.33
Agosto	-58.42	16.45	66.45	98.3	121.11	137.79	150.37	186.33	131.38	131.99	118.05	89.1	43.04
Septiembre	-78.18	13.95	70.57	105.49	122.6	142.31	159.51	190.83	211.83	124.91	111.27	80.43	30.36
Octubre	-82.95	7.97	70.72	109.39	129.57	144.1	167.2	193.73	211.74	206.43	96.99	64.65	17.2
Noviembre	-85.67	3.96	74.4	118.51	143.36	162.61	190.11	216.17	231.7	224.28	188.01	118.57	21.55
Diciembre	-88.62	12.28	94.31	144.77	173.05	202.13	234.92	265.46	284.19	276.53	235.16	154.02	44.23

Resumen Anual en %



Interpretación del balance de energía de la persona (B)						
Colores						
Interpretación	Muy frío	Frío	Lig. frío	Confort	Lig. caluroso	Caluroso
B (W/m ²)	B<-250	-250<B<-150	-150<B<-50	-50<B<50	50<B<150	150<B<250
SCE	3	2	1	0	-1	-2

Nota:
B= Balance de energía de la persona
SCE= Sensación de confort exterior

Figura 6.11. Balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), -estudio de caso 2.

Los resultados del balance de energía fueron calculados para el 21 de cada mes, de las 6 a las 18 horas. Al comparar los resultados de los balances de energía de la persona (ver fig. 6.10 y 6.11), se encontró que en el balance de energía que consideró vegetación (ver fig. 6.11), el confort aumentó y la sensación del calor disminuyó a ligeramente caluroso. En general todos los meses tuvieron mejoras, ya que en casi todos se redujo considerablemente la categoría de muy caluroso.

Por otro lado, las gráficas de resumen anual en porcentajes sintetizan los resultados de los balances de energía (ver fig. 6.10 y 6.11). Al comparar las gráficas de resumen anual en porcentajes, se demuestra claramente lo descrito en el párrafo anterior. En el balance de energía que consideró vegetación, el confort aumento un 6%; mientras, la categoría de muy caluroso se redujo en un 27% aumentando la categoría de ligeramente caluroso un 18% (ver fig. 6.10 y 6.11).

Esto demuestra que la presencia de vegetación tiene un efecto positivo sobre el balance de energía de la persona y por ende influye en el confort del peatón.

En cuanto a los resultados del balance de energía de la persona de abril (mes más caliente) y noviembre (mes más frio) se obtuvo lo siguiente:

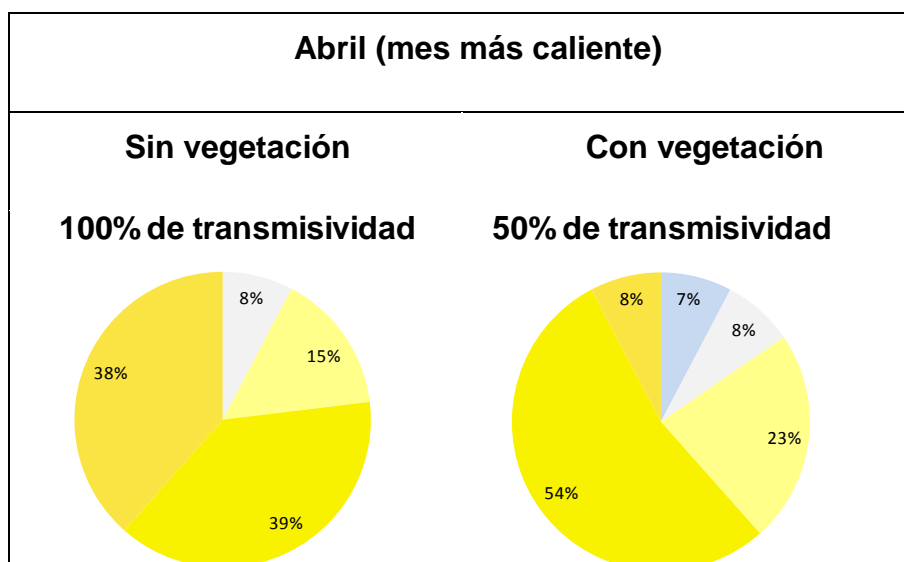


Figura 6.12. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, abril, -estudio de caso 2.

Con respecto al mes de abril, la vegetación tuvo efecto sobre el balance de energía de la persona, la sensación de calor disminuyó pero el confort no aumentó. La categoría de muy caluroso se redujo en un 30%, mientras que la categoría de caluroso y la de ligeramente caluroso aumentó a 54% y 27% respectivamente (ver fig. 6.12). Esto quiere decir que 54% del periodo de las 6 a las 18 horas del 21 de abril, es caluroso mientras que el 27% es ligeramente caluroso.

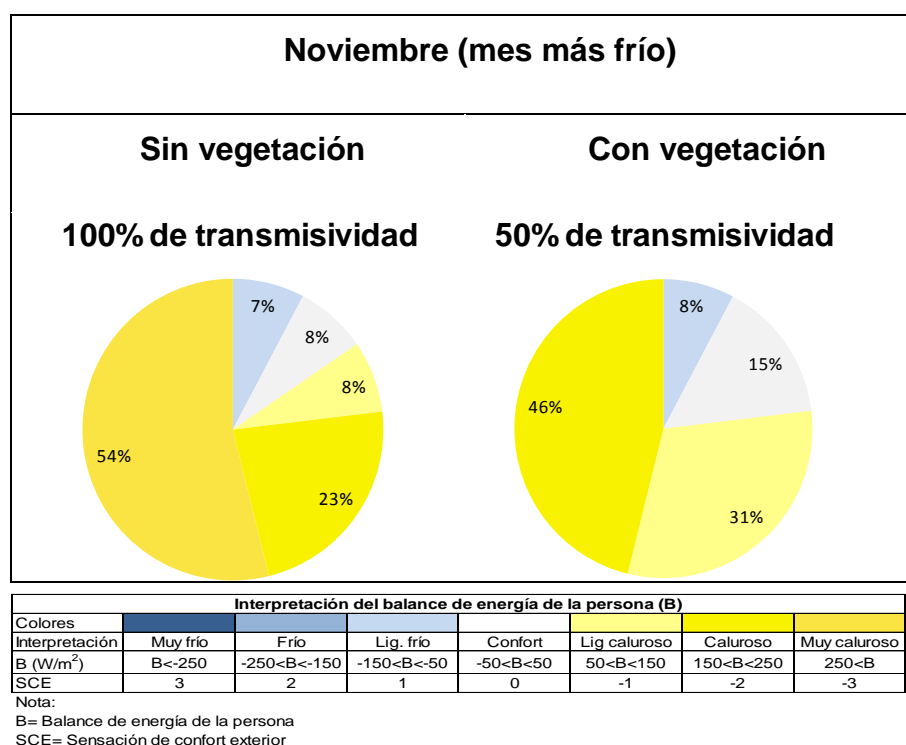


Figura 6.13. Porcentajes del balance de energía de la persona, con y sin vegetación, noviembre, -estudio de caso 2

En relación al mes noviembre, la vegetación tuvo efecto sobre el balance de energía de la persona, la sensación de calor disminuyó. La categoría de muy caluroso desapareció mientras que la de caluroso y ligeramente caluroso, aumentó a 46% y 31% respectivamente; por otra parte, la categoría de confort aumentó a 15% (ver fig. 6.13). Esto quiere decir que 46% del periodo de las 6 a las 18 horas del 21 de noviembre es caluroso; 31% es ligeramente caluroso; y 15% está en confort.

6.3 Estudio de caso 3: Isleta o camellón

6.3.1 Temperatura de las superficies

La única superficie involucrada en este estudio de caso es el suelo, la vegetación tuvo un efecto positivo sobre el mismo ya que disminuyó la temperatura de esta superficie.

La figura 6.14, muestra los valores de la temperatura del suelo, las variables involucradas en esta gráfica son las siguientes: la temperatura ambiente; la temperatura de la superficie, que considera la sombra generada por los edificios (100% de transmisividad); y la temperatura de la superficie, que toma en cuenta la sombra generada por los edificios y los árboles (50% de transmisividad). Estas variables fueron graficadas para abril y noviembre que se corresponden con el mes más caliente y más frío respectivamente.

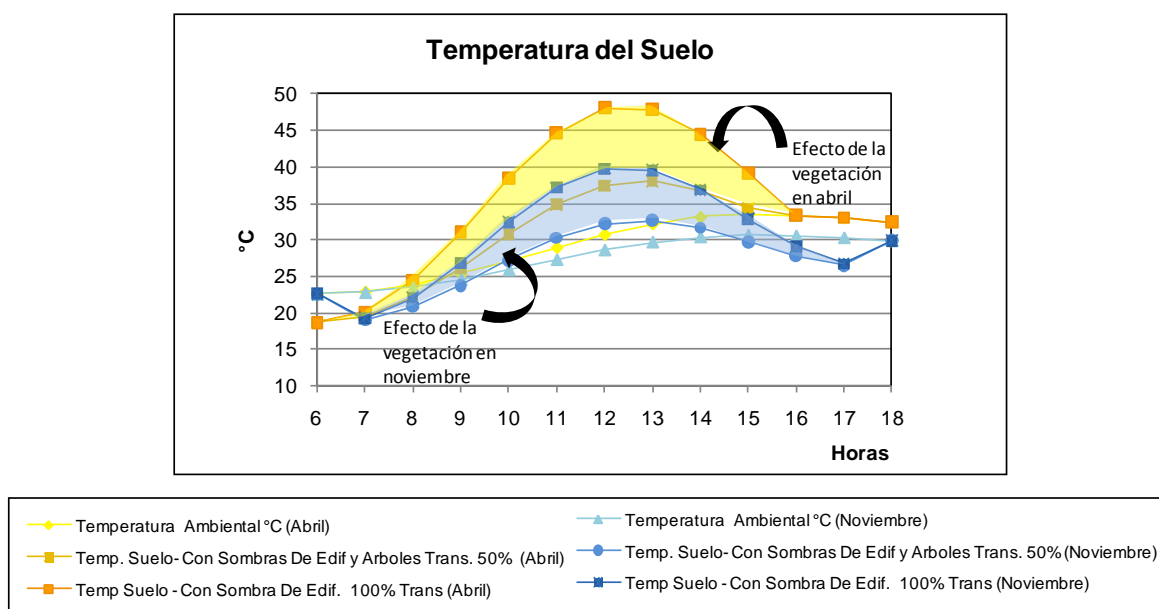


Figura 6.14. Temperatura del suelo, —estudio de caso 3.

En relación a la temperatura del suelo, la vegetación tuvo efecto sobre la misma en el mes de abril y noviembre. Dicha temperatura disminuyó por efecto de los árboles de las 6 a las 15 horas de abril y en el periodo de las 7 a las 17 horas de noviembre (ver fig. 6.14)

6.3.2 Resultados del balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%) y con vegetación (transmisividad de 50%)

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-107.15	63.36	182.65	253.98	290.15	316.65	356.37	399.25	427.46	416.73	355.01	234.37	51.93
Febrero	-110.15	73.44	185.52	250.79	280.4	303.49	343.21	397.87	439.99	438.97	384.18	270.17	72.71
Marzo	-113.93	94.05	200.9	260.39	282.18	297.39	324.79	396.45	453.62	228.06	212.75	167.31	86.39
Abril	-50.9	117.55	216.69	270.39	287.13	301.96	306.45	390.53	449.17	458.97	211.61	169.81	93.73
Mayo	-4.1	100.76	185.67	231.66	249.26	259.96	272.1	315.4	159.99	167.24	154.59	116.79	47.06
Junio	-28.76	87.19	161.83	206.1	225.21	242.85	260.51	294.8	145.26	145.81	129.76	95.68	40.2
Julio	-27.01	97.92	176.65	221.77	245.86	258.26	270.15	307.59	151.85	152.97	137.26	102.46	44.61
Agosto	-48.2	73.01	149.95	195.32	220.04	230.98	230.46	280.13	311.28	308.97	270.11	192.93	37.94
Septiembre	-85.91	72.13	159.63	209.65	228.84	240.42	249.31	291.15	322.86	319.92	124.36	85.99	23.65
Octubre	-90.67	67.36	163.94	219.95	244.27	254.61	274.45	306.43	330.01	322.02	272.56	175.57	10.41
Noviembre	-93.43	63.75	172.92	237.69	269.45	287.81	314.28	343.54	361.31	347.1	289.32	179.69	14.79
Diciembre	-96.46	81.25	209.69	284.65	321.48	350.28	382.42	416.18	436.72	420.62	353.74	224.56	37.6

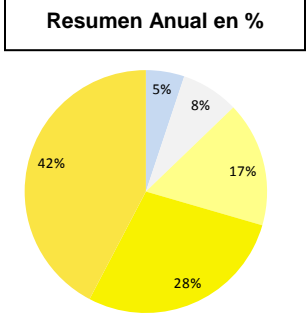


Figura 6.15. Balance de energía de la persona sin vegetación (100% de transmisividad), -estudio de caso 3.

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-101.28	-1.39	74.97	121.89	148.23	174.27	215.2	256.13	284.34	283.35	246.14	168.54	56.79
Febrero	-104.28	4.39	76.88	120.96	144.48	171.9	215.82	265.43	302.69	307.68	274.22	199.94	77.49
Marzo	-108.1	18.08	87.41	128.26	147.67	173.72	212.6	271.87	317.64	214.36	200.99	161.35	91.13
Abril	-68.74	36.6	100.85	137.74	153.79	181.96	206.67	269.66	314.45	324.85	199.29	162.89	97.03
Mayo	-38.02	35.03	90.72	121.6	137.12	155.65	175.69	210.53	146.31	153.32	142.47	110.06	50.54
Junio	-49.42	24.66	74.02	105.02	121.51	144.22	166.75	195.68	131.9	133.29	119.64	90.38	42.79
Julio	-47.36	32.13	83.81	115.08	137	156.34	175.1	205.12	138.18	139.99	126.65	96.84	47.37
Agosto	-60.01	17.41	68.59	100.63	123.32	142.42	155.05	191.06	213.69	213.32	121.44	136.49	41.72
Septiembre	-80.18	14.45	71.7	105.97	122.1	141.3	158.9	191.49	215.24	215.29	114.66	81.87	28.62
Octubre	-84.95	8.48	70.87	108.09	126.49	139.91	163.27	191.25	211.44	209.3	178.68	115.96	15.44
Noviembre	-87.68	4.2	73.91	116	138.45	156.07	183.58	211.29	229.48	224.51	189.46	119.36	19.8
Diciembre	-90.65	12.6	93.47	141.13	166.07	192.88	225.44	258.1	280.24	275.94	236.46	154.95	42.51

Interpretación del balance de energía de la persona (B)							
Colores							
Interpretación	Muy frío	Frío	Lig. frío	Confort	Lig caluroso	Caluroso	Muy caluroso
B (W/m ²)	B<-250	-250<B<-150	-150<B<-50	-50<B<50	50<B<150	150<B<250	250<B
SCE	3	2	1	0	-1	-2	-3

Nota:
B= Balance de energía de la persona
SCE= Sensación de confort exterior

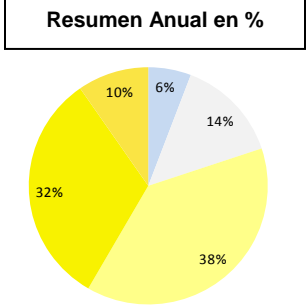


Figura 6.16. Balance de energía de la persona con vegetación (50% de transmisividad), -estudio de caso 3.

Los resultados del balance de energía fueron calculados para el 21 de cada mes de las 6 a las 18 horas. Al comparar los de resultados de los balances de energía de la persona (ver fig. 6.15 y 6.16), se encontró que, en el balance de energía que consideró vegetación (ver fig. 6.16), el confort aumentó y la sensación del calor disminuyó a ligeramente caluroso. En general, todos los meses tuvieron mejoras ya que en casi todos se redujo considerablemente la categoría de muy caluroso.

Por otro lado, las gráficas de resumen anual en porcentajes sintetizan los resultados de los balances de energía (ver fig. 6.15 y 6.16). Al comparar las gráficas de resumen anual en porcentajes, se demuestra claramente lo descrito en el párrafo anterior. En el balance de energía que consideró vegetación, el confort aumentó un 6%, mientras la categoría de muy caluroso se redujo en un 32% aumentando la categoría de ligeramente caluroso un 21% (ver fig. 6.15 y 6.16).

Esto demuestra que la presencia de vegetación tiene un efecto positivo sobre el balance de energía de la persona y por ende influye en el confort del peatón.

En cuanto a los resultados del balance de energía de la persona de abril (mes más caliente) y noviembre (mes más frío), se obtuvo lo siguiente:

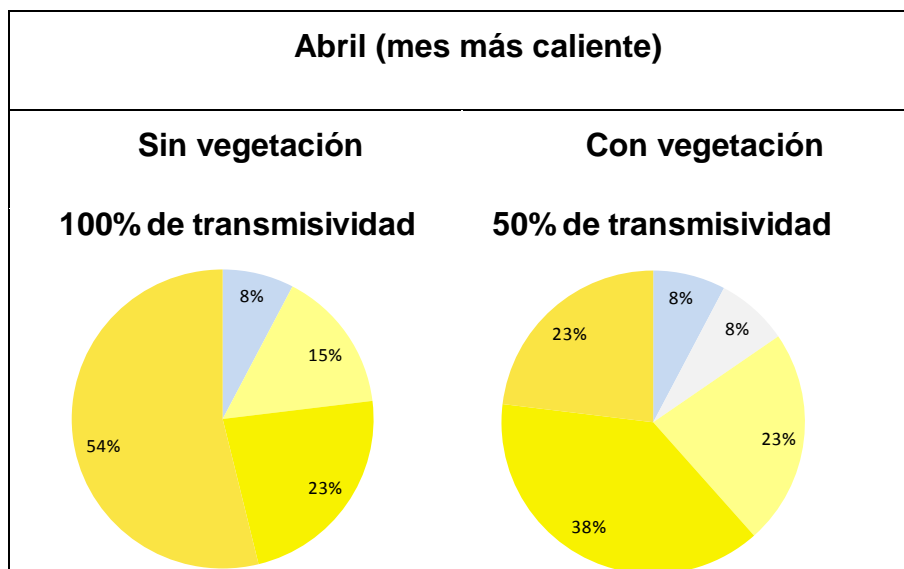


Figura 6.17. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, abril, -estudio de caso 3.

Con respecto al mes de abril, la vegetación tuvo efecto sobre el balance de energía de la persona, la sensación de calor disminuyó. La categoría de muy caluroso se redujo en un 31%, mientras que la categoría de caluroso y la de ligeramente caluroso aumento a 38% y 23% respectivamente; por otra parte, la categoría de confort aumentó a 8% (ver fig. 6.17). Esto quiere decir que 38% del periodo de las 6 a las 18 horas del 21 de abril es caluroso, mientras que 23% es ligeramente caluroso y 8% está en confort.

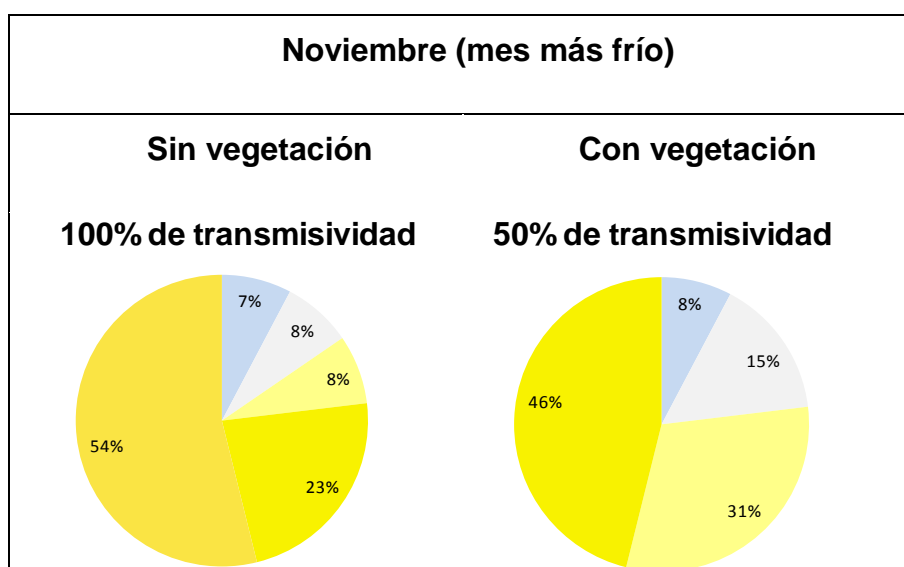


Figura 6.18. Porcentajes del balance de energía de la persona con y sin vegetación, noviembre, -estudio de caso 3.

En relación al mes noviembre, la vegetación tuvo efecto sobre el balance de energía de la persona, la sensación de calor disminuyó. La categoría de muy caluroso desapareció mientras que la de caluroso y ligeramente caluroso aumentó a 46% y 31% respectivamente; por otra parte, la categoría de confort aumentó a 15% (ver fig. 6.18). Esto quiere decir que 46% del periodo de las 6 a las 18 horas de la 21 de noviembre es caluroso; 31% es ligeramente caluroso; y 15% está en confort.

En general en los tres estudios de caso la vegetación tuvo una influencia positiva sobre el confort del peatón.

En el estudio de caso 3, isleta o camellón, el suelo es la única superficie involucrada en el estudio de caso, debido a que los edificios no influyen

directamente sobre el punto de estudio. Al observar las evaluaciones de la temperatura sol-aire de suelo, se obtuvo que al intervenir la vegetación la temperatura del suelo disminuyó considerablemente durante todo el día.

Por otra parte, al comparar las matrices anuales del balance de energía sin y con vegetación, pasó algo similar al análisis anterior. Se obtuvo que en análisis sin vegetación la categoría que dominó fue la de muy caluroso, pero al colocar vegetación se redujo y pasó a dominar la categoría de ligeramente caluroso, por lo tanto la sensación de calor se redujo considerablemente e incluso el confort aumentó. Al igual que en el estudio de caso anterior, en general todos los meses tuvieron mejorías ya que en casi todos se redujo considerablemente la categoría de muy caluroso.

Esto lleva una conclusión muy clara, la vegetación tiene un efecto positivo sobre la temperatura de las superficies ya que la disminuye en comparación con la temperatura que tendrían dichas superficies al no estar sombreadas por este elemento. Además, la vegetación tiene efecto sobre la sensación térmica que percibe la persona ya que disminuye la sensación de calor que percibe la misma permitiéndole estar más cerca del confort.

CONCLUSIONES

Con base a los objetivos planteados y alcanzados en esta investigación se obtuvo lo siguiente:

Al describir de manera general la influencia de la vegetación en las ciudades y los beneficios que brinda a las personas, se concluyó:

- La vegetación en áreas urbanas mitiga el fenómeno de isla de calor, ya que los árboles mantienen el calor en sus copas y, por lo tanto, las zonas que estén bajo estas copas se encuentran más frescas.
- En cuanto a los efectos que tiene la vegetación sobre los microclimas de las áreas urbanas, se puede mencionar que reduce la temperatura; protege de la radiación; puede canalizar, filtrar, proteger o aprovechar el viento; y aumenta la humedad del suelo y aire.
- Los elementos vegetales, si se utilizan adecuadamente, ofrecen beneficios. Algunos de ellos son: mejorar las condiciones ambientales para que las personas estén en confort (beneficio ambiental); permitir que las personas se relajen (beneficio psicológico); amortiguar el ruido (beneficio acústico); e incrementar el precio de venta de un terreno o edificación (beneficio económico).

Con respecto al análisis de la estructura urbana de la Ciudad de Panamá, y los efectos que ha tenido sobre las edificaciones y demás elementos urbanísticos, se concluyó lo siguiente:

- La zona del canal de Panamá limitó el crecimiento de la ciudad, por lo tanto se extendió a lo largo de 3 vías principales: la primera vía, es la unión de Ave. Central, Vía España, Ave. José Arango, Ave. José M.

Torrijos y Ruta Vieja a Chepo; la segunda, es la Vía Transistmica (1943); y la tercera, es Vía Tocumen (1948).

- El aspecto de la ciudad cambió a partir de que las rentas de las casas de inquilinato, que se encontraban fuera de la zona del canal, se congelaron y las personas comenzaron a adquirir sus propias viviendas. Las casas de madera fueron reemplazadas por edificios de apartamentos y urbanizaciones habitacionales.
- El auge inmobiliario, que se dio a partir del 2000, y los cambios de leyes, zonificaciones, clasificaciones y densidad poblacional, incrementaron la construcción de edificios.
- El aumento de densidad poblacional y el cambio de uso de suelo, en zonas donde sólo se permitía construir viviendas unifamiliares con un máximo de dos niveles de altura, provocó que se construyeran edificios con más de 20 pisos, que albergan 80 veces más cantidad de personas que las que vivían en las antiguas casas.
- La construcción de edificios y el aumento de población en zonas como San Francisco, El Cangrejo, Obarrio, etc., causó problemas en la infraestructura: las calles no tienen la capacidad para tantos vehículos; no hay estacionamientos; el sistema de agua tienen problemas de abastecimiento; y no hay espacios abiertos y verdes. Áreas como Costa del Este al ser concebida desde un principio para densidades altas presenta una mejor planificación en cuanto a infraestructura y espacios abiertos y verdes.

Al estudiar y analizar la situación de los espacios exteriores con vegetación, tanto a nivel urbano general como a nivel de barriada, se obtuvo que:

- En general, en cuanto a los espacios exteriores en la Ciudad de Panamá, se puede mencionar: las áreas verdes de las aceras son muchas veces reducidas o eliminadas; los camellones o isletas con vegetación están presentes en sólo algunas avenidas principales; los parques, en su

mayoría, son un área residual de la superficie construida y cuando están planificados normalmente son de propiedad privada.

- La ciudad está creciendo y hay una gran demanda de espacios abiertos con vegetación, donde las personas puedan realizar actividades al aire libre. Son pocos los proyectos de este tipo que han sido contemplados en el desarrollo de la ciudad, entre ellos se destaca la cinta costera. Ésta es una obra de gran envergadura que tiene áreas verdes destinadas al esparcimiento de las personas
- Como ya se ha mencionado, el auge inmobiliario y el aumento de densidad poblacional ha traído, en ciertos barrios de la ciudad, problemas en la infraestructura pero también en las áreas verdes. En cuanto a las áreas verdes de las aceras, éstas se ven cada vez más reducidas o eliminadas por el afán de los inversionistas de ocupar todo metro cuadrado disponible; al no existir suficientes estacionamientos, los autos terminan estacionándose sobre las aceras y sus áreas verdes; y los parques no se dan abasto para el nuevo volumen de personas que habitan estos barrios.
- Se estudió el clima cálido-húmedo de la Ciudad de Panamá y se determinaron las estrategias necesarias para que la persona estén en confort. Estas estrategias son: ventilación, protección solar y deshumidificación. Al no existir áreas peatonales adecuadas con vegetación, las personas se encuentran en discomfort la mayoría del tiempo que están en exteriores.

Con relación a aplicar una metodología de análisis sobre estudios de caso, que compruebe que el empleo adecuado de vegetación favorece el nivel de confort del peatón en los espacios exteriores, se concluyó que la vegetación reduce la temperatura de las superficies y mejora las condiciones de confort de las personas en espacios exteriores. Con respecto a lo mencionado anteriormente se puede comentar:

En cuanto a la temperatura de las superficies involucradas en cada estudio de caso, se realizaron evaluaciones para el día 21 de los meses de abril y noviembre, de las 6 a 18 horas. De dichas evaluaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Superficies del estudio de caso 1. Calle entre edificios:

- Suelo: Debido al efecto de la vegetación, disminuyó la temperatura de la superficie en 7.69%, del período de las 6 a las 18 del 21 de abril; y 15.38%, del periodo del mes de noviembre.
- Pared NE: La vegetación no tuvo ningún efecto sobre la temperatura de la pared en el mes de abril; por otra parte, 15.38 % del periodo de las 6 a las 18 horas del 21 de noviembre, la temperatura de esta superficie se redujo debido al efecto de la vegetación.
- Pared SO: En abril y noviembre la vegetación no disminuye la temperatura de la pared.

2. Superficies del estudio de caso 2. Plaza en frente de los edificios:

- Suelo: Debido al efecto de la vegetación, 61.53 % del periodo de las 6 a las 18 del 21 de abril y 84.61%, del periodo del mes de noviembre, disminuyó la temperatura de la superficie.
- Pared SE: La vegetación no tuvo ningún efecto sobre la temperatura de la pared en el mes de abril; por otra parte, 15.38 % del periodo de las 6 a las 18 horas del 21 de noviembre, la temperatura de esta superficie se redujo debido al efecto de la vegetación.

3. Superficies del estudio de caso 3. Camellón o isleta:

- Suelo: Debido al efecto de la vegetación, 76.92 % del periodo de las 6 a las 18 del 21 de abril y 84.61% del periodo del mes de noviembre, la temperatura de esta superficie disminuyó.

Con respecto Los balances de energía de la persona, se realizaron el día 21 de cada mes, en un horario de las 6 a las 18 horas. En el resumen anual de cada estudio de caso se obtuvo lo siguiente:

1. Balances de energía del estudio de caso 1. Calle entre edificios:

- En el resumen anual del balance de energía que no toma en cuenta la vegetación se obtuvo: 9%, es ligeramente frio; 26%, está en confort; 21%, es ligeramente caluroso; 15%, es caluroso; y 29%, es muy caluroso.
- En el resumen anual del balance de energía que consideró vegetación se obtuvo que: 10%, es ligeramente frio; 28%, está en confort; 27%, es ligeramente caluroso; 16%, es caluroso; y 19%, es muy caluroso.
- Al comparar estos porcentajes con los del primer resumen anual la sensación de confort aumentó muy poco pero el porcentaje de muy caluroso se redujo en un 10%.

2. Balances de energía del estudio de caso 2. Plaza en frente de los edificios:

- En el resumen anual del balance de energía que no tomó en cuenta la vegetación, se obtuvo que: 5%, es ligeramente frio; 8 %, está en confort; 25 %, es ligeramente caluroso; 27%, es caluroso; y 35%, es muy caluroso.
- En el resumen anual del balance de energía que consideró la vegetación, se obtuvo: 6%, es ligeramente frio; 14 %, está en confort; 43 %, es ligeramente caluroso; 29%, es caluroso; y 8%, es muy caluroso.
- Al comparar estos porcentajes con los del primer resumen anual, la sensación de confort aumentó un 6%; mientras que el porcentaje de muy caluroso se redujo un 27%.

3. Balances de energía del estudio de caso 3. Camellón o isleta:

- En el resumen anual del balance de energía que no tomó en cuenta la vegetación, se obtuvo que: 5%, es ligeramente frio; 8 %, está en confort,

17 %, es ligeramente caluroso; 28%, es caluroso; y 42%, es muy caluroso.

- En el resumen anual del balance de energía que consideró la vegetación, se obtuvo que: 6%, es ligeramente frío, 14 %, está en confort; 38 % es ligeramente caluroso; 32%, es caluroso; y 10%, es muy caluroso.
- Al comparar estos porcentajes con los del primer resumen anual, la sensación de confort aumentó en un 6%; mientras el porcentaje de muy caluroso se redujo en un 32%.

Todos estos resultados nos llevan a una conclusión muy clara, la vegetación tiene un efecto positivo sobre la temperatura de las superficies, puesto que la disminuye comparado con la temperatura que tendrían dichas superficies al no estar sombreada por este elemento. Además, la vegetación tiene efecto sobre la sensación térmica que percibe la persona, ya que disminuye la sensación de calor que percibe la misma permitiéndole estar más cerca del confort.

RECOMENDACIONES

Con base a las conclusiones, se recomienda que en los nuevos asentamientos de la Ciudad de Panamá se planifiquen los espacios exteriores, sobre todo los destinados para la vegetación, ya que, con sólo colocar vegetación con una transmisividad de 50%, se demostró que mejora el confort de los peatones y disminuye la temperatura de las superficies que se encuentran cerca.

Con relación a la zona de Costa del Este, donde se ubicaron los tres estudios de caso de esta investigación, se puede recomendar que se coloquen en las áreas verdes de las aceras y camellones, árboles con una copa mayor, debido a que las palmas que están actualmente no tienen una copa amplia ni un follaje denso; por lo tanto, no pueden generar mucha sombra.

Estos árboles, deben tener una copa amplia, pero no deben obstruir el paso del viento ya que afectarían una de las principales estrategias que se necesitan para estar en confort en la Ciudad de Panamá.

Los árboles utilizados en los estudios de caso tenían 9 m de altura y 8 m de diámetro (copa), estas referencias fueron tomadas de los árboles que se han plantado en la zona.

Basándonos en las características de los árboles utilizados para el análisis de los estudios de caso, Gómez (2011) recomendó especies que se adapten a la zona de la Costa del Este, ya que esta área era manglar y por lo tanto hay una tendencia a suelos salinos, viento del mar y se trata de un área seca que representa una zona de stress para las plantas. (Ver tabla 7.1)

Árboles Nativos Recomendados			
Nombre Común	Nombre Científico	Caducifolio/Perenne	Altura max (m)
Herrero	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Perenne	8
Laureño	<i>Senna reticulata</i>	Perenne	6
Periquito O Capulín	<i>Muntingia calabura</i>	Perenne	10
Recadito	<i>Palicourea guianensis</i>	Perenne	10
Guabito Amargo	<i>Quassia amara</i>	Perenne	7
Carne De Venado	<i>Capparis odoratissima</i>	Perenne	7
Rosa De Monte	<i>Brownea macrophylla</i>	Perenne	8
Garapato O Raspa	<i>Hirtella americana</i>	Perenne	10
Agallito	<i>Caesalpinia coriaria</i>	Perenne	8
Olivo	<i>Sapium glandulosum</i>	Caducifolio	6
	<i>Erythrina rubrinervia</i>	Caducifolio	10
	<i>Calycolpus warszewiczianus</i>	Perenne	10

Tabla 7.1 Árboles nativos de Panamá.

Fuente: Gómez (2011).

En cuanto a estos árboles nativos, Gómez (2011) comenta:

[...] el diámetro de la copa es una unidad subjetiva y muy cambiante, todo dependerá del espacio que tenga para crecer el árbol, la dirección de los vientos y los nutrientes del suelo, por lo tanto un árbol de éstos en algunos terrenos podrá tener un diámetro de copa de 12 metros y en otras condiciones diámetros de 6 metros. Para nosotros en realidad no medimos muy frecuentemente el diámetro de la copa sino más bien el diámetro de trono a la altura del pecho.

Por otro lado, después de los análisis de los estudios de caso, se llegó a la conclusión de que había mucho espaciamiento entre las sombras de los árboles; por tal razón se recomienda colocar los árboles uno más seguido del otro para que den una sombra uniforme.

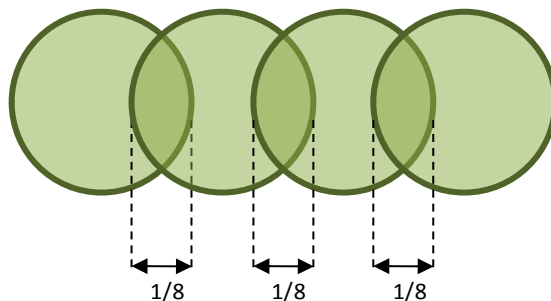


Figura 7.1 Traslape de los árboles.

Fuente: García (2011).

García (2011) recomienda que lo ideal es que las frondas se traslapen $1/8$; en el caso que esto no ocurra, dicho traslape de frondas no puede pasar de $1/4$. (Ver fig. 7.1)

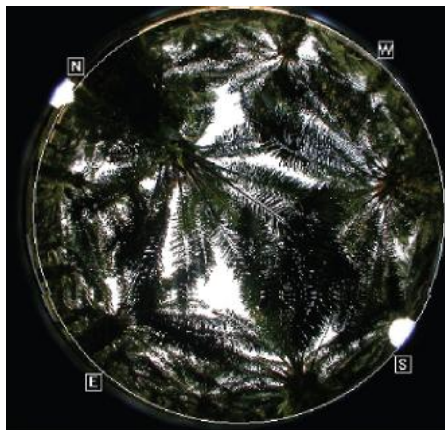


Figura 7.2 Fotografía hemisférica de palmas de aceite.

Fuente: Awal, Wan Ishak y Bockari-Gevao (2010).

En cuanto a la transmisividad de los árboles esta se puede medir experimentalmente, colocando radiómetros bajo la sombra de árboles homogéneos a distintas horas y épocas del año. Otra manera de obtener la transmisividad es a través del índice de superficie foliar (*Leaf area index*), el cual se puede obtener por métodos destructivos (cortar árboles y medir la superficie del follaje) o métodos indirectos como el de la fotografía hemisférica o fotografía tomada con una cámara con lente de ojo de pez (*fish eye lens*) (ver fig. 7.2).

En esta investigación deja abiertos varios temas que permiten generar nuevos estudios. Para próximos estudios, se podrían realizar: cálculos de transmisividad de diferentes arboles de Panamá, así como evaluaciones con diferentes porcentajes de transmisividad, para determinar qué follaje es el más adecuado para la situación de la Ciudad de Panamá. Lo lógico sería que entre cuanto más se acerque el porcentaje de transmisividad a 0%, la sensación de calor y las temperaturas de las superficies deberían bajar.

REFERENCIAS

Referencias de Internet

1. ADF. (2010). The urban heat-island effect. Arbor Day F. EEUU. Recuperado 20 de Febrero de 2010. En: <http://www.arborday.org/globalwarming/heatIsland.cfm>
2. Alfaro, B. (2009). Ciudad de Panamá un dechado de corrupción y mal gusto urbanístico. Burica Press. Panamá. Recuperado el 22 de Abril de 2010. En: <http://burica.wordpress.com/2009/05/26/ciudad-de-panama-un-dechado-de-corrupcion-y-mal-gusto-urbanistico/>
3. AM. (2009). Grandes avenidas y calles de México. Absolut México. México. Recuperado 9 de Marzo de 2010. En: <http://www.absolut-mexico.com/grandes-avenidas-y-calles-de-mexico-df/>
4. Ardito, N. (2007). Problema urbanístico de la Ciudad de Panamá. Burica Press. Panamá. Recuperado el 22 de Abril de 2010. En: <http://burica.wordpress.com/2007/06/07/problema-urbanistico-de-la-ciudad-de-panama/>
5. BBR. (2010), Desarrollo integral del bambú. Bambuver. México. Recuperado 3 de marzo de 2010. En: http://www.bambuver.com/cotizaciones/bambusa_oldhamii.html
6. Buchot, E. (2010). Mapa geográfico de Panamá. Fotografías Emmanuel Buchot. Recuperado el 10 de Marzo de 2010. En: http://www.voyagesphotosmanu.com/mapa_geografico_panama.html
7. Camarena, L. (2009). Una gira por la provincia de Darién. Turismo Panamá Típico. Panamá. Recuperado el 01 de Mayo 2010. En: <http://turismo.panamatipico.com/articulo.php?articulo=294>
8. Chi, G. (2005). Desafiando alturas. Martes financiero. Recuperado el 12 de mayo de 2010. En: http://www.martesfinanciero.com/history/2005/06/07/Columnas/nacional_1.html
9. CIAT(1996). Mapa de suelo de america central. UNEP. NET Regional portal for Latinamerica and the Caribbean. Recuperado el 20 de Abril del 2010. En: <http://www.centrogeo.org.mx/unep/resultall.asp>
10. Celis, F. (2000). Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual [artículo]. Titulaciongeografia-sevilla. España. Recuperado el 29 de Noviembre de 2009. En: http://titulaciongeografia-sevilla.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/Arquitectura_bioclimatica

11. Duvall, J. (s.f.) Canal zone memories, Canal zone and Panama Photos, El prado. Wonderland website, derechos reservados Snow W. Frost. Recuperado el 08 de Mayo de 2010. En: <http://www.zonianlady.com/prado/prado.html>
12. EUPD (2008). Florida mall centro comercial para ir de compras. Estados Unidos por descubrir. EEUU. Recuperado el 05 de Enero de 2010. En: <http://estadosunidos.pordescubrir.com/florida-mall-centro-comercial-para-ir-de-compras.html>
13. FB (2010). Mapa político de Panamá. Focus publications (INT), S.A. Panamá. Recuperado el 10 de marzo de 2010. En: <http://www.focuspublicationsint.com/focuspanama/mapapolitico4.htm>
14. Fuentes, V. (2010). Grados-Días en Arquitectura. México. Recuperado el 30 de Noviembre de 2010. En: http://www.google.com.pa/search?hl=es&rlz=1T4SKPB_esMX372MX373&q=que+es+dias+grado+victor+fuentes+freixanet&aq=f&aql=&aq=&og=&gs_rfai=
15. FT. (1998). Fotos e imágenes de el barrio de Albrook y antiguas casas de americanos, compradas por panameños ricos. Foto Travel. Recuperado el 9 de Marzo de 2010. En: http://www.fototravel.net/gallery/Panama_modenos_contrastes/image/49/
16. GL (2009). Panamá abundancia de peces y mariposas. Guardianes de la Luna. Recuperado el 12 de Junio de 2010. En: <http://guardianesdelaluna.foroactivo.net/t255-panama-abundancia-de-peces-y-mariposas>
17. Goluboff M. (2000). Arquitectura y Urbanismo Sostenibles. España. Recuperado 18 de Octubre de 2009. En: http://www.golu.net/arq_y%20urb_sostenibles.htm
18. González, D. (2009). Apuntes sobre arquitectura bioclimática [Artículo]. Cubasolar. Recuperado el 29 de Noviembre de 2009. En: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo07.htm>
19. Gutiérrez, A. (2002). Recuento urbano. La Prensa Web. Panamá. Recuperado el 22 de Abril de 2010. En: <http://mensual.prensa.com/mensual/contenido/2002/03/01/hoy/ciudad.shtml>
20. HCV. (2010). Reservas. Hospedaje Casco Viejo. Panamá. Recuperado el 04 de Abril de 2010. En: <http://www.hospedajecascoviejo.com/contacto.html>
21. Hicker, R. (2010). Photo catalog. Rolf Hicker Photography. Recuperado el 05 de enero 2010. En: <http://www.hickerphoto.com/west-edmonton-mall-5398-mousepad.htm>

22. IE. (2008). Efecto isla de calor. Intec-Ecológico. República Dominicana. Recuperado 5 de Enero de 2009. En: <http://intececologico.wordpress.com/%C2%BFquienes-somos/>
23. IJ. (2000). Diseño de jardines y paisajismo. Infojardin. España. Recuperado 3 de Marzo de 2010. En: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?p=1888714>
24. Jaén. (2006). Tusipono, aldea Emberá en el alto Chagres (parte II). Turismo Panamá Típico. Panamá. Recuperado el 01 de Mayo 2010. En: <http://turismo.panamatipico.com/articulo.php?articulo=106>
25. LQYTD. (2009) Mr Pinkerton en busca de Woody Allen. Lo que yo te diga. EEUU. Recuperado el 5 de Marzo de 2010. En: <http://www.loqueyotediga.net/diario/show/47116-mr-pinkerton-en-busca-de-woody-allen>
26. MIVI (2004). Normas (documento gráfico de zonificación para la Ciudad de Panamá). Panamá. Recuperado el 12 de mayo de 2010. En: http://www.mivi.gob.pa/doc_grafico/doc_grafico.html
27. Morillón, D. (2002). Arquitectura bioclimática. Obrasweb. México DF. Recuperado el 29 de Noviembre de 2009. En: http://www.obrasweb.com.mx/art_view.asp?cont_id=1672&pg=0&seccion=Ojo+experto
28. OLX. (2010). Si estas buscando invertir en Panamá esta es una opción. OLX Panamá. Panamá Recuperado el 7 de Octubre de 2010. En: <http://ciudaddepanama.olxpanama.com/si-esta-buscando-invertir-en-ciudad-de-panama-esta-es-una-opcion-sbtp-iid-75039336>
29. PG. (2006). Omar Torrijos Park in Panama City. Panama-Guide. Panamá. Recuperado el 12 de Junio de 2010. En: <http://www.panama-guide.com/article.php/20060305172233945>
30. Rivas, S. (2004). Global bioclimatics, Clasificación bioclimática de la tierra. Worldwide bioclimatic classification system. España. Recuperado el 30 de Noviembre de 2010. En: http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm
31. RPC. (2010). Corte de electricidad afectará semáforos en calle 50. Prensa.Com. Panamá. Recuperado el 12 de Junio de 2010. En: http://mensual.prensa.com/mensual/contenido/2010/03/02/uhora/local_2010030216075514.asp
32. RS. (2010). Construcción se reactiva a paso lento en Panamá. Revista Summa. Costa Rica. Recuperado el 22 de Abril de 2010. En:

<http://www.revistasumma.com/economia/2749-construccion-se-reactiva-a-paso-lento-en-panama.html>

33. Ruiz, B. (2002). Panamá Viejo-city map. Bruce Ruiz. Recuperado el 04 de Abril de 2010. En: http://www.bruceruiz.net/PanamaHistory/panama_viejo.htm

34. Sapozhnikgy, R. (2010). Panamá, Cruce de los dos océanos, Global bank y Credicorp bank. Tiwy. Recuperado 15 Julio de 2010. En: http://www.tiwy.com/pais/panama/cruce_de_los_dos_oceanos/verfoto2.phtml?panama-city5

35. Sarmiento, O. (2008). Cambios a causa de la industrialización. Mr Sarmiento's Blog. Recuperado el 29 de Noviembre de 2009. En: http://mrsarmiento.blogspot.com/2008_11_01_archive.html

36. Sastoque, C. (2006). ¿Por qué el boom inmobiliario de Panamá?.Metro cuadrado. Bogota, Colombia. Recuperado el 22 de Abril de 2010.En: http://contenido.metrocuadrado.com/contenidom2/noticias_m2/octubrede2006/ARTICULO-WEB-PL_DET_NOT_RED1_M2-3306622.html

37. SCC. (2005a). Mirage tower vs platinum tower. Skycraper City. Recuperado el 10 de Julio de 2010. En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=247423>

38. SCC. (2005b). La ciudad de Panamá - una gira aérea. Skycraper City. Recuperado el 04 de Abril de 2010. En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=284922>.

39. SCC.(2006). Wow! skyline Ciudad de Panama. Skycraper City. Recuperado el 12 de Julio de 2010.En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=418514&page=2>

40. SCC. (2008). Proyectos y sus avances en el área Metropolitana. Skycraper City. Recuperado el 10 de Julio de 2010. En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=646123>

41. SCC. (2009a). Trump ocean club. Skycraper City. Recuperado el 12 de Julio de 2010. En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=530953&page=8>

42. SCC. (2009b). Todo sobre el Prugam. Skycraper City. Recuperado el 17 de marzo de 2011. En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=940618&page=2>

43. SCC. (2009c). Panamá, Caracas, Bogotá, Quito, Lima y La paz: Ciudades capitales bolivianas. Skycraper City. Recuperado el 10 de Junio de 2010. En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=800642&page=2>

44. SCC. (2010). Q tower, Punta Pacífica, 65p, 225m. Skyscraper City. Recuperado el 15 de julio de 2010. En: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=572214&page=6>
45. SERVIR, (2010). Monitoreo meteorológico en Panamá. NASA, USAID, CATHALAC Y CCAD. EEUU. Recuperado 5 de Enero de 2010. En: http://www.servir.net/monitoreo_meteorol%C3%B3gico_en_panam%C3%A1_enero_-_mayo_2008
46. SSL. (2006), Ciudad de Panamá vs Asunción parques. Skyscraperlife. EEUU. Recuperado el 5 de Marzo de 2010. En: <http://www.skyscraperlife.com/city-versus-city/20965-ciudad-de-panama-vs-asuncion-parques-torneo-6.html>
47. TA. (2009). Fotos de Avenida Balboa, Ciudad de Panamá. Trip advisor. España. Recuperado el 05 de Julio de 2010. En: http://www.tripadvisor.es/LocationPhotos-g294480-d547529-w2-Avenida_Balboa-Panama_City.html#20229070
48. Tasón, J.(2007). Alcaldía de Panamá unirá torres de edificio Hatillo. Crítica en línea. Panamá. Recuperado el 23 de julio de 2010. En: <http://www.critica.com.pa/archivo/10012007/com05.html>
49. Ugarte, J. (2009a). Guía de arquitectura bioclimática. Instituto de Arquitectura Tropical. Costa Rica. Recuperado el 20 de Diciembre de 2009, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/14536781/Guia-de-arquitectura-bioclimatica-Jimena-Ugarte1>
50. Ugarte, J. (2009b). Guía de arquitectura bioclimática, construir en países cálidos. Instituto de Arquitectura Tropical. Costa Rica. Recuperado 18 de Octubre de 2009. En: <http://www.arquitecturatropical.org/EDITORIAL/documents/GUIABIOCLIMATICACONSTRUIRCLIMACALIDO.pdf>
51. UNEX (2010). Base mundial de referencia para los recursos edáficos. Universidad de Extremadura, Departamento de biología y producción de los vegetales, Área de edafología y química agrícola. España. Recuperado el 05 de Enero de 2010. En: <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAOInicio.htm>
52. Vega, R. (). Vivienda indígena Emberá [fotografía personal]. Panamá.
53. WP (2005). Zona del canal de Panamá. Wikipedia. Recuperado el 10 de Abril de 2010. En: http://es.wikipedia.org/wiki/Zona_del_Canal_de_Panamá
54. WP. (2009). Rascacielos en la Ciudad de Panamá. Wikipedia, bajo licencia de Creative Commons. Recuperado el 10 de Enero de 2010. En: http://es.wikipedia.org/wiki/Rascacielos_de_la_ciudad_de_Panam%C3%A1

55. WP (2011). Panamá (distrito). Wikipedia, bajo licencia de Creative Commons. EEUU. Recuperado el 05 de Julio de 2011. En: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Distrito_de_Panam%C3%A1_Ubicaci%C3%B3n0001.svg
56. WSH. (2010). Hotel plaza paitilla inn. Worldsite hotel. Italia. Recuperado el 23 de Julio de 2010. En: http://www.worldsitehotels.com/hotels_detail.asp?hotel=5645

Referencias

- ASHRAE. (2005). ASHRAE Handbook – Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, EEUU.
- AUTOCAD, (2010). Autocad 2010. Autodesk, Inc. EEUU.
- Awal, A. Wan Ishak, W. & Bockari-Gevao, S. (2010). Determination of leaf area index for oil palm plantation using hemispherical photography technique [article]. Universiti Putra Malaysia Press.
- Castillero , A. (2004). Historia General de Panamá- Vol I - Tomo II. Digital Designs Group, Inc. Panamá.
- ECOTECH. (2010). ECOTECH Analysis 2010. Autodesk, Inc. EEUU.
- ETESA. (2009), Datos Panamá, Estación Tocumen. Empresa de Transmision Electrica. S.A. Panamá.
- Fuentes, V. (s.f.). Clasificación de climas según el sistema modificado Köppen – García. Hoja de cálculo: Clasificación Climática de acuerdo a Köppen – García. México: UAM Azcapotzalco.
- Fuentes, V (2002a). Análisis. Hoja de Cálculo: Tablas de Mahoney. México:UAM Azcapotzalco.
- Fuentes, V (2002b). Mahoney. Hoja de Cálculo: Tablas de Mahoney. México:UAM Azcapotzalco.
- Fuentes F., V. (2004). *Clima y Arquitectura*. Mexico D.F.: no pase.
- Fuentes, V (2006a). Humidex. Hoja de Cálculo: índices Térmicos. México:UAM Azcapotzalco

Fuentes, V (2006b). Comparación Australia contra Temp. B.S. Hoja de Cálculo: índices Térmicos. México:UAM Azcapotzalco.

Fuentes, V (s.f.a.). Gráficas. Hoja de Cálculo: Datos Climáticos. México: UAM Azcapotzalco.

Fuentes, V (s.f.b). Horarios. Hoja de Cálculo: Datos Climáticos. México:UAM Azcapotzalco.

Fuentes, V (s.f.c). Matriz de Clima. México: AM Azcapotzalco.

Fuentes, V (s.f.d). Ciclos estacionarios. México: AM Azcapotzalco.

GE (2009). Google earth 5.0.11733.9347 . Google.Inc.CA, EEUU.

GM (2009). Google maps v.2009. Google.Inc.CA, EEUU.

García, E. (2011). Entrevista personal, revisión en UAM-CUA, junio 2011.

Gómez, R. (biólogo vegetal). (2011). Recomendación de árboles para Panamá [correo electrónico], Panamá.

Gutiérrez, S. (1999). Arquitectura panameña, descripción e historia. Panamá: Autoridad de canal de Panamá.

Lacomba, R. (1991). Manual de Arquitectura Solar. Mexico: Trillas.

MOP. (2007a). Medio biofísico, Mapa altitudes relativas del terreno. Atlas nacional digital de la República de Panamá 2007. MOP, IGNTG, Gobierno Nacional. Panamá.

MOP. (2007b). Medio biofísico, Mapa geología. Atlas nacional digital de la Republica de Panamá 2007. MOP, IGNTG, Gobierno Nacional. Panamá.

MOP. (2007c). Medio biofísico, Mapa cuencas hidrográficas. Atlas nacional digital de la Republica de Panamá 2007. MOP, IGNTG, Gobierno Nacional. Panamá.

MOP. (2007d). Medio biofísico, Mapa vegetación actual:2000. Atlas nacional digital de la Republica de Panamá 2007. MOP, IGNTG, Gobierno Nacional. Panamá.

MOP. (2007e). Medio biofísico, Vegetación, cobertura boscosa y uso del suelo. Atlas nacional digital de la Republica de Panamá 2007. MOP, IGNTG, Gobierno Nacional. Panamá.

Ochoa, J. (1999). La vegetación como instrumento para el control bioclimático. Tesis doctoral no publicada, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya.

Ochoa, J. (2009). Ciudad, vegetación e impacto climático. Barcelona: Erasmus.

Ochoa, J. (2010). CONFEX [Programa para el cálculo del balance de intercambio de energía del cuerpo humano con el ambiente]. México.

Ochoa, J. (2010b). Entrevista personal, estancia en la UNISON, septiembre-octubre 2010. México.

Tejeira, E. (2007). Guía de Arquitectura y Paisaje Panamá. Panamá-Sevilla: Junta de Andalucía Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Fomento de la Arquitectura.

WEATHER TOOL. (2010). Weather tool 2010. Autodesk, Inc. EEUU.

ANEXOS

Debido a que se generaron gráficas cada mes del año para cada uno de los estudios de caso, se dispuso que esta información se pueda obtener en los archivos digitales. A continuación se muestran ejemplos de la información que se puede encontrar en estos archivos digitales.

Anexo 1.- Tabla de Cálculo de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies – 100% de Transmisividad

Esta tabla se puede encontrar en los archivos de, “Metodología de evaluación”. Se realizó para cada mes y calcula la temperatura sol-aire de todas las superficies involucradas en los estudios de caso cuando éstas no están sombreadas.

Anexo 2.- Tabla de Cálculo de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies – 50% de Transmisividad

Esta tabla se puede encontrar en los archivos de, “Metodología de evaluación 50% trans”. Se realizó para cada mes y calcula la temperatura sol-aire de todas las superficies involucradas en los estudios de caso, cuando éstas están sombreadas por árboles con transmisividad del 50%.

Anexo 3.– Gráficas de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies

Estas gráficas se encuentran por estudio de caso en el archivo llamado, “Prueba confex –50% trans-final-con sombra de edificios”, en la pestaña de, “datos”. En ella se comparan las temperaturas sol-aire obtenidas, sin y con vegetación, con la temperatura ambiente y la temperatura de la superficie dependiendo si le da el sol o no. Estas dos gráficas se generaron para cada mes y para cada superficie involucrada en el respectivo estudio de caso.

Anexo 4.– Balance de Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente –Sin Vegetación (100% de Transmisividad) y Con Vegetación (50% de Transmisividad)

Estas matrices se encuentran por estudio de caso y por la transmisividad utilizada. La matriz del balance sin vegetación se encuentra en el archivo, “Prueba confex – 100% trans-final-con sombra de edificios”, en la pestaña de, “resultados”; mientras que la matriz del balance con vegetación se encuentra en el archivo, “Prueba confex –50% trans-final-con sombra de edificios”, en la pestaña de, “resultados”.

Anexo 5.– Porcentaje Mensual del Balance del Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente, Sin y Con Vegetación

Estas gráficas se encuentran, al igual que en el caso de matrices del balance de energía, separadas por estudio de caso y por la transmisividad utilizada. Estos porcentajes se obtuvieron del balance de energía de la persona y nos brinda información mes por mes cuando la persona está en confort y cuando no. El porcentaje mensual del balance sin vegetación se encuentra en el archivo, “Prueba confex –100% trans-final-con sombra de edificios”, en la pestaña de, “resultados”; mientras que el porcentaje mensual del balance con vegetación se encuentra en el archivo, “Prueba confex –50% trans-final-con sombra de edificios,” en la pestaña de, “resultados”.

Anexo 6.– Porcentaje Horario Anual del Balance de Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente, Sin y Con Vegetación

Estas gráficas se encuentran, al igual que en el caso anterior, separadas por estudio de caso y por la transmisividad utilizada. Estos porcentajes se obtuvieron del balance de energía de la persona y nos brindan información anual sobre si la persona está en confort o no, a determinada hora. El porcentaje horario del balance sin vegetación se encuentra en el archivo, “Prueba confex – 100% trans-final-con sombra de edificios”, en la pestaña de. “resultados”; mientras que el porcentaje horario del balance con vegetación, se encuentra en el archivo, “Prueba confex –50% trans-final-con sombra de edificios”, en la pestaña de, “resultados”.

Anexo 1.- Tabla de Cálculo de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies –100% de Transmisividad

CALCULO PARA OBTENER LA TEMPERATURA SOL - AIRE DE LAS SUPERFICIES GIRADAS									
DATOS									
LOCALIZACION									
Ciudad	Panamá								
Provincia	Panamá								
Latitud (L)	9° 03'	grados	9.05	decimales					
Longitud	79° 22'	grados	79.37	decimales					
Altitud	14	msnm							
FECHAS									
Mes	4	mes							
Día	21	día							
Día numero consecutivo (dn)	111	día consecutivo							
HORA SOLAR (AST) Y ANGULO HORARIO (H)									
Declinacion solar (δ)	11.58	*grados decimal							
Const. Solar aparente (A)	1130								
Coef. De extincion atmosferica (B)	0.164								
Factor sky diffuse (C)	0.12								
Hora aparente solar (AST)	12.000		AST=LST+ET/60+(LSM-LON)/15						
Angulo Horario (H)	0.00	*grados decimal	H = 15*(AST-12)						
ANGULOS SOLARES									
Seno de altura solar (seno β)	1.00								
Altitud solar (β)	87.47								
Seno de acimut solar (φ)	-1.00								
Acimut solar (φ)	180.00								
Acimut solar de la superficie Y	Y = φ - ψ	azimut de la superf (ψ)							
Angulo de inclinacion de la superficie respecto a la horizontal (Σ)									
Superficies verticales	90	*grados decimal							
Losa	0	*grados decimal							
ANGULOS DE INCIDENCIA θ									
	$\cos \theta = \cos \beta * \cos Y * \sin \Sigma$		uando las superf. no estan orientadas francas a los puntos cardinales se debe obtener el angulo C o el azimut de la superficie						
Para superficies verticales	Coseno	Angulo θ	angulo C o Y						
Muro Sureste	-0.04	92.46	193.00						
Muro Suroeste	-0.01	90.57	257.00	1.00	257	* 1.0 significa oeste -1.0 es este			
Muro Noreste	0.01	89.35	75.00	-1	-75				
Para superficies horizontales									
Losa	1.00	2.53							
RADIACION NORMAL DIRECTA (E_{DN})									
	$E_{DN} = (A \exp(B/\sin \beta))^{\cos \theta}$								
numero multiplicador de claridad para localidades clear/seca o hazy/humeda	0.961	revisar en ashrae de 1999 capitulo 32 fig 5							
Radiacion normal directa (E_{DN})									
	733.66	W/m2	Calculos		Radiacion Directa transmitacion Normal				
			seno β	1.00	Horaria	Directa (E _{DN})			
			B/senoβ	0.16	0	0.5	0		
			exp(B/senoβ)	1.18					
			A/(exp(B/senoβ))	958.93					
RADIACION DIRECTA DE LA SUPERFICIE (E_D)									
	$E_D = E_{DN} * \cos \theta$								
Para superficies verticales									
Muro Sureste	0.00	W/m2							
Muro Suroeste	0.00	W/m2							
Muro Noreste	8.38	W/m2							
Para superficies horizontales		W/m2							
Losa	732.95	W/m2							
RADIACION DIFUSA (E_d)									
	$E_d = C * Y * E_{DN}$		Radio Y de sky diffuse en superficies verticales a sky diffuse en superficies horizontales						
Para superficies verticales			Para superficies verticales		$Y = 0.55 + 0.437 * \cos \theta + 0.313 * \cos^2 \theta$				
Muro Sureste	46.82	W/m2	Muro Sureste	0.53					
Muro Suroeste	48.04	W/m2	Muro Suroeste	0.55					
Muro Noreste	48.86	W/m2	Muro Noreste	0.56					
Para superficies horizontales	$E_d = C * E_{DN} * (1 + \cos \Sigma) / 2$								
Losa inclinada	88.04	W/m2							
RADIACION REFLEJADA POR EL PISO (E_r)									
	$E_r = E_{DN} * (C + \sin \beta) * \rho_g * (1 - \cos \Sigma) / 2$		se toma en base al angulo de incidencia solar sobre el angulo de incidencia del piso es la altura solar						
Para superficies verticales			Reflectividad del piso (ρ _g)						
Muro Sureste	90.31	W/m2	Muro sureste	0.22					
Muro Suroeste	90.31	W/m2	Muro suroeste	0.22					
Muro Noreste	90.31	W/m2	Muro noreste	0.22					
Para superficies horizontales		W/m2	Losa	0.22					
Losa	0.00	W/m2	Calculos						
			seno β	1.00					
			cos Σ (sup vert)	6.1257E-17					
			cos Σ (sup hor)	1.0000E+00					
TOTAL DE RADIACION DE LA SUPERFICIE (E_t)									
	$E_t = E_D + E_d + E_r$								
Para superficies verticales									
Muro Sureste	137.13	W/m2							
Muro Suroeste	138.35	W/m2							
Muro Noreste	147.55	W/m2							
Para superficies horizontales		W/m2							
Losa inclinada	820.99	W/m2							

TEMPERATURA SOL AIRE (t_a)		$t_a = t_o + \alpha E_r / h_o + \epsilon \Delta R / h_o$					
		Temp. del aire ext. sort. de la superficie	rad. total radiac. Incid.	coef. transf. calo	Emitancia	rad. Incid.-	rad. emitida
		t_o (°C)	α	E_r (w/(m ² .K))	h_o (W/(m ² .K))	ϵ	ΔR (W/m ²)
Para superficies verticales							
Muro Sureste		30.78		137.13			
Muro Suroeste		30.78		138.35			
Muro Noreste		30.78		147.55			
				0.00			
Para superficies horizontales							
Losa inclinada		30.78		820.99			
Calculos							
Para superficies verticales		a/h_o (color oscuro)	a/h_o (color claro)	$\Delta R/h_o$ (sup. Vert)	$\Delta R/h_o$ (sup. horiz)		
Muro Sureste		0.052	0.026	0	4		
Muro Suroeste		0.052	0.026	0	4		
Muro Noreste		0.052	0.026	0	4		
		0.052	0.026	0	4		
Para superficies horizontales							
Losa inclinada		0.052	0.026	0	4		
Temperatura Sol - Aire (t_e)							
Para superficies verticales							
Muro Sureste		34.35	°C				
Muro Suroeste		34.38	°C				
Muro Noreste		34.62	°C				
			°C				
Para superficies horizontales							
Losa		48.13	°C				
Promedio de las temperatura sol aire de las superficies		34.50	°C				

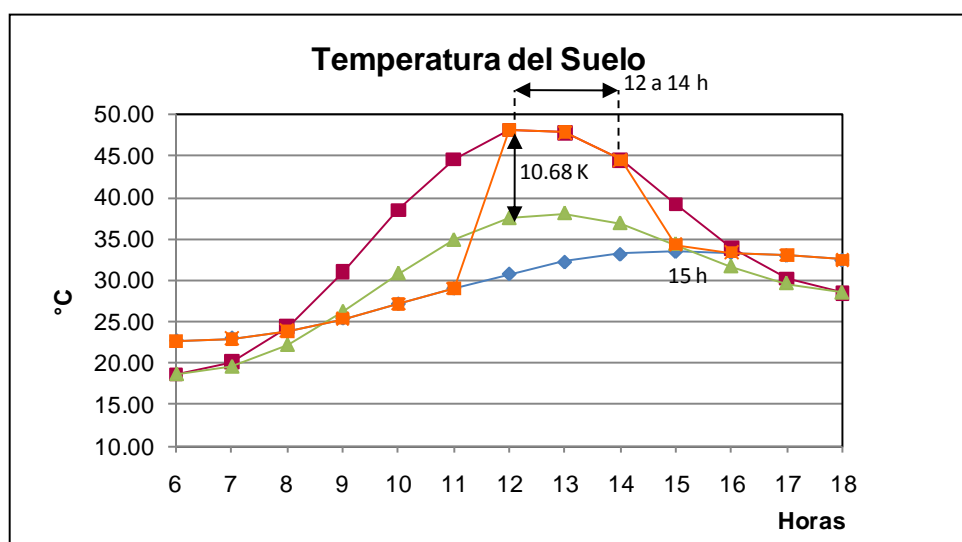
Anexo 2.- Tabla de Cálculo de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies –50% de Transmisividad

CALCULO PARA OBTENER LA TEMPERATURA SOL - AIRE DE LAS SUPERFICIES GIRADAS							
DATOS							
LOCALIZACION							
Ciudad	Panamá						
Provincia	Panamá						
Latitud (L)	9° 03'	grados	9.05	decimales			
Longitud	79° 22'	grados	79.37	decimales			
Altitud	14	msnm					
FECHAS							
Mes	4	mes					
Dia	21	dia					
Dia numero consecutivo (dn)	111	dia consecutivo					
HORA SOLAR (AST) Y ANGULO HORARIO (H)							
Declinacion solar (δ)	11.58	*grados decimal					
Const. Solar aparente (A)	1130						
Coef. De extincion atmosferica (B)	0.164						
Factor sky diffuse (C)	0.12						
Hora aparente solar (AST)	12.000		AST=LST+ET/60+(LSM-LON)/15				
Angulo Horario (H)	0.00	*grados decimal	H = 15*(AST-12)				
ANGULOS SOLARES							
Seno de altura solar (seno β)	1.00						
Altitud solar (β)	87.47						
Seno de acimut solar(φ)	-1.00						
Acimut solar(φ)	180.00						
Acimut solar de la superficie Y	Y= φ - ψ	azimut de la superf (Ψ)					
Angulo de inclinacion de la superficie respecto a la horizontal (z)							
Superficies verticales	90	*grados decimal					
Losa	0	*grados decimal					
ANGULOS DE INCIDENCIA θ							
		Cosθ= Cos β* CosY * SenΣ		uando las superf. no estan orientadas francas a los puntos cardinales se debe obtner el angulo C o el azimut de la superficie			
Para superficies verticales	Coseno	Ángulo θ	angulo C o Y				
Muro Sureste	-0.04	92.46	193.00				
Muro Suroeste	-0.01	90.57	257.00	1.00	257	* 1.0 significa oeste -1.0 es este	
Muro Noreste	0.01	89.35	75.00	-1	-75		
Para superficies horizontales							
Losa	1.00	2.53					

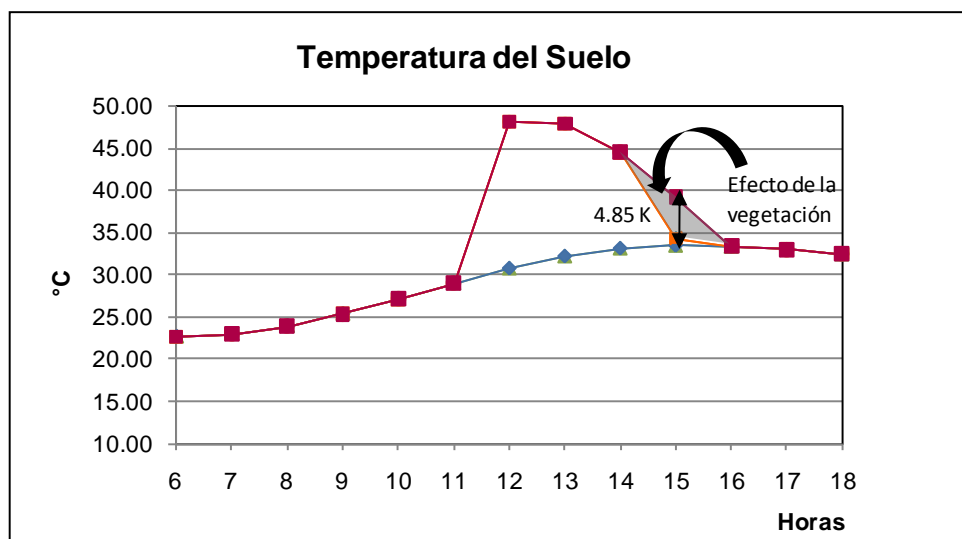
RADIACION NORMAL DIRECTA (E_{DN})			$E_{DN} = [A \exp(B/\text{Sen}\beta)]^{CN}$						
numero multiplicador de claridad para localidades clear/seca o hazy/ hume	0.86		revisar en ashrae de 1999 capitulo 32 fig 5						
Radiacion normal directa (E_{DN})			366.72	W/m2	Calculos		Radiacion Directa transmitancia		
					seno β	1.00	Horaria	Directa (E_D)	
					B/seno β	0.16	732.9	0.5	366.45
					exp(B/seno β)	1.18			
					A(exp(B/seno β))	958.93			
RADIACION DIRECTA DE LA SUPERFICIE (E_D)			$E_D = E_{DN} \cdot \text{Cos}\Theta$						
Para superficies verticales									
Muro Sureste	0.00	W/m2							
Muro Suroeste	0.00	W/m2							
Muro Noreste	4.19	W/m2							
		W/m2							
Para superficies horizontales									
Losa	366.36	W/m2							
RADIACION DIFUSA (E_d)			$E_d = C \cdot Y \cdot E_{DN}$		Radio Y de sky diffuse en superficies verticales a sky diffuse en superficies horizontales				
Para superficies verticales					Para superficies verticales		$Y = 0.55 + 0.437 \cdot \cos\Theta + 0.313 \cdot \cos^2\Theta$		
Muro Sureste	23.40	W/m2			Muro Sureste	0.53			
Muro Suroeste	24.01	W/m2			Muro Suroeste	0.55			
Muro Noreste	24.42	W/m2			Muro Noreste	0.56			
		W/m2							
Para superficies horizontales			$E_d = C \cdot E_{DN} \cdot (1 + \text{Cos}\Sigma)/2$						
Losa inclinada	44.01	W/m2							
RADIACION REFLEJADA POR EL PISO (E_r)			$E_r = E_{DN} \cdot (C + \text{Sen}\beta) \cdot \rho_g \cdot (1 - \text{Cos}\Sigma)/2$		Reflectividad del piso (ρ_g) se toma en base al angulo de incidencia solar sobre el angulo de incidencia del piso es la altura solar				
Para superficies verticales					Reflectividad del piso (ρ_g)		Estos datos se obtienen en el ASHRAE 2001 en la tabla Solar Reflectances of Foreignground Surface y en este ejemplo se tomo como angulo de incidencia 70 debido a quiza de 70 a 100° los valores en los angulos incidentes		
Muro Sureste	45.14	W/m2			Muro sureste	0.22			
Muro Suroeste	45.14	W/m2			Muro suroeste	0.22			
Muro Noreste	45.14	W/m2			Muro noreste	0.22			
		W/m2				0.22			
Para superficies horizontales					Losa	0.22			
Losa	0.00	W/m2			Calculos				
					seno β	1.00			
					cos Σ (sup vert)	6.1257E-17			
					cos Σ (sup hor)	1.0000E+00			
TOTAL DE RADIACION DE LA SUPERFICIE (E_t)			$E_t = E_D + E_d + E_r$						
Para superficies verticales									
Muro Sureste	68.54	W/m2							
Muro Suroeste	69.15	W/m2							
Muro Noreste	73.75	W/m2							
		W/m2							
Para superficies horizontales									
Losa inclinada	410.37	W/m2							

TEMPERATURA SOL-AIRE (t_a)			$t_a = t_o + \alpha E_i / h_o + \epsilon \Delta R / h_o$						
			Temp. del aire ext. sort. de la superototal radiac. Incid. coef. transf. calo		Emitancia	rad. Incid.- rad. emitida			
Para superficies verticales			t_o (°C)	α	E_i (w/(m2.K))	h_o (W/(m2.K))	ϵ	ΔR (W/m2)	
Muro Sureste	30.78				68.54				
Muro Suroeste	30.78				69.15				
Muro Noreste	30.78				73.75				
					0.00				
Para superficies horizontales									
Losa inclinada	30.78				410.37				
Calculos									
Para superficies verticales			α/h_o (color oscuro)	α/h_o (color claro)	$\Delta R/h_o$ (sup. Vert)	$\Delta R/h_o$ (sup. horiz)			
Muro Sureste	0.052	0.026	0	4					
Muro Suroeste	0.052	0.026	0	4					
Muro Noreste	0.052	0.026	0	4					
	0.052	0.026	0	4					
Para superficies horizontales									
Losa inclinada	0.052	0.026	0	4					
Temperatura Sol - Aire (t_e)									
Para superficies verticales									
Muro Sureste	32.56	°C							
Muro Suroeste	32.58	°C							
Muro Noreste	32.70	°C							
		°C							
Para superficies horizontales									
Losa	37.45	°C							
Promedio de las temperatura sol aire de las superficies			32.64	°C					

Anexo 3.– Gráficas de la Temperatura Sol-Aire de las Superficies



◆ Temperatura Ambiental °C ■ Temp Sol-Aire del Suelo Trans. 100%
▲ Temp. Sol-Aire del Suelo Trans. 50% ■ Temp. Suelo - Con Sombras De Edif y Arboles Trans. 50%



◆ Temperatura Ambiental °C
■ Temp. Suelo - Con Sombras De Edif y Arboles Trans. 50%
■ Temp Suelo - Con Sombra De Edif. 100% Trans

Anexo 4.– Balance de Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente –Sin Vegetación (100% de Transmisividad) y Con Vegetación (50% de Transmisividad)

Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-101.23	-58.14	-16.42	244.86	280.74	306.8	346.85	135.36	160.51	168.82	153.39	112.34	56.83
Febrero	-104.22	-55.61	-16.49	9.05	271.28	293.94	333.43	155.91	185.21	195.76	181.2	140.53	77.54
Marzo	-111.12	92.22	197.25	256.95	279.73	295.69	322.91	393.37	447.14	221.46	207.08	164.44	88.68
Abril	-85.21	-32.87	2.01	24.38	40.31	85.38	295.39	380.76	435.17	444.72	199.17	162.82	97.06
Mayo	-70.45	-19.1	12.88	30.76	44.51	250.17	260.86	304.82	341.36	344.21	305.92	110	50.57
Junio	-67.69	-27.68	1.33	21.78	36.87	232.17	248.54	283.24	310.25	308.46	272.47	91.32	42.81
Julio	-65.54	-23.22	6.52	26.6	47.55	247.58	258.11	296.13	326.68	325.97	288.89	96.79	42.81
Agosto	-70.67	-28.85	1.86	23.45	45.64	75.86	217.97	268.73	297.79	296.49	121.35	90.63	41.76
Septiembre	-80.13	-34.26	-1.61	19.74	34.18	63.66	236.56	280.93	127.21	307.51	266.66	81.83	28.67
Octubre	-84.89	-42.03	-7.89	13.42	234.86	244.49	264.05	98.05	111.89	114.68	100.16	65.82	15.48
Noviembre	-87.63	-47.64	-9.44	228.77	259.95	277.72	304.45	100.72	116.26	119.94	104.79	67.93	19.85
Diciembre	-90.59	-47.97	-6.03	275.16	311.9	340.42	373.21	118.76	143.01	150.27	135.55	94.88	42.56

Balance de energía de la persona sin vegetación (transmisividad de 100%).

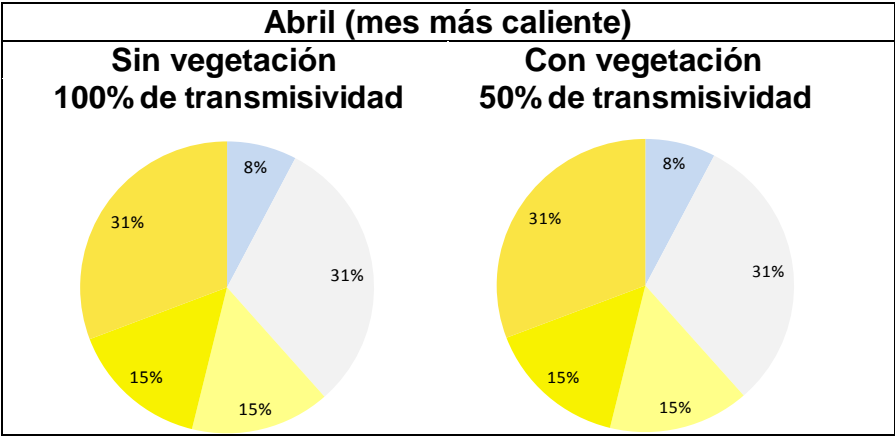
Meses	Balance de energía de la persona -B (W/m ²)												
	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h
Enero	-97.13	-59.83	-23.21	115.48	143.52	299.48	339.71	128.52	151.7	160.1	146.42	109.92	60.23
Febrero	-100.12	-58.05	-23.26	0.62	138.07	286.69	326.13	148.95	176.18	186.69	173.69	137.3	80.87
Marzo	-98.39	-50.86	-17.2	5.9	23.64	280.82	306.91	163.64	192.79	438.02	192.67	157.14	94.48
Abril	-82.2	-36.97	-5.9	15.12	31.08	77.95	287.32	373.07	425.49	314.86	190.57	157.99	99.37
Mayo	-67.5	-23.26	4.93	21.48	35.29	240.54	252.75	296.83	330.85	236.38	212.99	105.3	52.99
Junio	-65.38	-30.86	-5.25	13.46	27.86	222.18	239.84	273.28	300.11	298.88	186.23	87.29	44.62
Julio	-63.08	-26.59	-0.37	17.99	38.34	237.44	249.37	287.55	316.22	221.27	197.63	92.87	49.31
Agosto	-67.5	-31.43	-4.39	15.27	36.65	67.55	209.03	258.63	288.46	204.57	114.58	87.5	44.4
Septiembre	-76.13	-36.6	-7.87	11.59	25.43	55.77	149.96	273.07	118.13	298.92	259.89	78.96	32.14
Octubre	-80.9	-43.94	-13.93	5.51	119.87	236.95	256.41	90.8	103.19	106.36	93.65	63.42	19
Noviembre	-83.61	-49.09	-15.8	109.74	133.5	270.28	297.14	93.75	107.69	111.68	98.41	65.95	23.35
Diciembre	-86.53	-49.7	-13.1	134.47	161.25	333.1	366.24	110.53	134.13	141.35	128.39	92.5	45.99

Interpretación del balance de energía de la persona (B)							
Colores							
Interpretación	Muy frío	Frio	Lig. frio	Confort	Lig caluroso	Caluroso	Muy caluroso
B (W/m ²)	B<-250	-250<B<-150	-150<B<-50	-50<B<50	50<B<150	150<B<250	250<B
SCE	3	2	1	0	-1	-2	-3

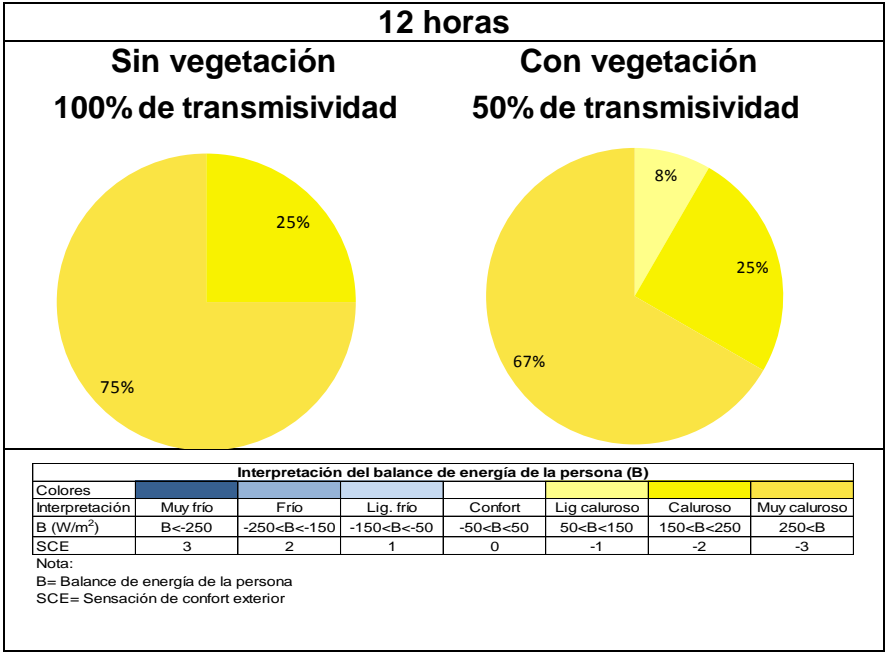
Nota:
B= Balance de energía de la persona
SCE= Sensación de confort exterior

Balance de energía de la persona con vegetación (transmisividad de 50%).

Anexo 5.– Porcentaje Mensual del Balance del Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente Sin y Con Vegetación



Anexo 6.– Porcentaje Horario Anual del Balance de Intercambio de Energía de la Persona con el Ambiente, Sin y Con Vegetación



CURRICULUM VITAE

Patricia Carolina Cuevas Heredia nace el 25 de diciembre de 1982 en la provincia de Chiriquí en la República de Panamá.

Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio San Agustín de la mencionada provincia. Al finalizar dichos estudios se dirigió a la capital del país a iniciar sus estudios en Arquitectura en la Universidad de Panamá, los cuales finaliza en diciembre de 2006.

Como proyecto de tesis desarrolla, junto con Maureen Chong, un “*Complejo científico y educacional en Punta Galeta para el STRI (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales)*”, el mismo fue una donación que realizaron para mejorar las instalaciones en Punta Galeta.

En 2007 comienza a trabajar en el proyecto turístico “Isla Viveros”, donde forma parte del equipo de arquitectos que trabajan en el diseño y construcción de las casas y demás instalaciones del proyecto.

Desde septiembre de 2008, se encuentra en la Ciudad de México cursando la Maestría en Arquitectura Bioclimática en la Universidad Autónoma Metropolitana.

